Contamination des mollusques du Québec par les phycotoxines diarrhéiques (DSP) et amnestiques (ASP) et recherche des sources potentielles de phycotoxines DSP

M. Levasseur[1], J.Y. Couture[1], G. Sauvé[2] et S. Michaud[1]

[1]Direction régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

[2]Agence Canadienne d'Inspection des Aliments
Gare Maritime Champlain
901 Cap Diamant, Bureau 391
Québec, (Québec)
Canada G1K 4K1

2001

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2350

Pêches et Océans
Fisheries and Oceans
Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

101-04590/

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 2350

2001

Contamination des mollusques du Québec par les phycotoxines diarrhéiques (DSP) et amnestiques (ASP) et recherche des sources potentielles de phycotoxines DSP

par

Maurice Levasseur[1], Jean-Yves Couture[1], Gilbert Sauvé[2] et Sonia Michaud[1]

[1]Direction régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

[2]Agence Canadienne d'Inspection des Aliments
Gare Maritime Champlain
901 Cap Diamant, Bureau 391
Québec, (Québec)
G1K 4K1

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2001
No de cat. Fs 97-6/2350F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit :

Levasseur, M., J.Y. Couture, G. Sauvé et S. Michaud. 2001. Contamination des mollusques du Québec par les phycotoxines diarrhéiques (DSP) et amnestiques (ASP) et recherche des sources potentielles de phycotoxines DSP. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2350 : x + 41 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES v
RÉSUMÉ / ABSTRACT vii
PRÉFACE ix

PARTIE 1. VARIATIONS ESTIVALES DE L'ABONDANCE DES DINOFLAGELLÉS *PROROCENTRUM* SPP. AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE ET DES CONCENTRATIONS DE PHYCOTOXINES DSP DANS LES MOULES D'ÉLEVAGE 1

1.1. INTRODUCTION 1

1.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES 2

1.2.1. SITES D'ÉCHANTILLONNAGE 2
1.2.2. ÉCHANTILLONNAGE 2
1.2.2.1. *Paramètres physico-chimiques* 2
1.2.2.2. *Récolte des épibiontes* 2
1.2.2.3. *Récolte des moules* 3
1.2.2.4. *Récolte du phytoplancton dans la colonne d'eau* 3
1.2.3. TRAITEMENT DES ÉPIBIONTES 3
1.2.4. TRAITEMENT DES MOULES 3
1.2.5. TRAITEMENT DES TRAITS DE FILETS VERTICAUX 4

1.3. RÉSULTATS 4

1.3.1. IDENTIFICATION DES MICROALGUES 4
1.3.2. STATION DE HAVRE-AUX-MAISONS 5
1.3.2.1. *Salinité et température* 5
1.3.2.2. *Abondance et nature des épibiontes* 5
1.3.2.3. *Abondance de* Prorocentrum *spp.*. 5
1.3.3. STATION DE GRANDE-ENTRÉE 6
1.3.3.1. *Salinité et température* 6
1.3.3.2. *Abondance et nature des épibiontes* 6
1.3.3.3. *Abondance de* Prorocentrum *spp.*. 7

1.4. DISCUSSION 8

1.4.1. VARIATIONS TEMPORELLES DE *P. LIMA* DANS LES LAGUNES 8
1.4.2. VARIATIONS TEMPORELLES DE *P. MEXICANUM* DANS LES LAGUNES 10
1.4.3. ANALYSES TOXICOLOGIQUES 11

PARTIE 2. ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS DE PHYCOTOXINES ASP ET DSP DANS LES MOLLUSQUES DE DIVERSES RÉGIONS DU QUÉBEC 22

2.1. INTRODUCTION 22

2.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES 22

2.2.1. SITES D'ÉCHANTILLONNAGE 22
2.2.2. ÉCHANTILLONNAGE 23
2.2.3. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS 23
2.2.4. ANALYSE EN LABORATOIRE 23

2.3. RÉSULTATS 24

2.3.1. ÎLES DE LA MADELEINE 24
2.3.2. CÔTE-NORD 24
2.3.3. GASPÉSIE 25
2.3.4. BAS SAINT-LAURENT 25
2.3.5. ENSEMBLE DES RÉSULTATS 25

2.4. DISCUSSION 26

CONCLUSIONS 37

REMERCIEMENTS 38

RÉFÉRENCES 39

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

PARTIE 1.

Tableau 1.1. Variations saisonnières des épibiontes sur les boudins de moules à la station de Havre-aux-Maisons au cours de la période d'échantillonnage de 1999 12

Tableau 1.2. Variations saisonnières des épibiontes sur les boudins de moules à la station de Grande-Entrée au cours de la période d'échantillonnage de 1999 12

Tableau 1.3. Analyses toxicologiques effectuées sur les moules prélevées aux sites mytilicoles de Havre-aux-Maisons et de Grande-Entrée au cours de la période d'échantillonnage de 1999 13

Figure 1.1. Localisation des sites d'échantillonnage de Havre-aux-Maisons (H.-A.-M) et de Grande-Entrée (G.-E.) aux Îles-de-la-Madeleine 14

Figure 1.2. Photographie en microscopie optique des dinoflagellés *Prorocentrum lima* et *Prorocentrum mexicanum* 15

Figure 1.3. Détails de l'ornementation d'une valve de *Prorocentrum mexicanum* 15

Figure 1.4. Variations : a) de la salinité, b) de la température de l'eau et c) de l'abondance des épibiontes; de l'abondance de *Prorocentrum lima* et de *Prorocentrum mexicanum* d) sur les épibiontes, e) dans la colonne d'eau et f) dans les glandes digestives des moules à 4,5 m à la station de Havre-aux-Maisons lors de la période d'échantillonnage de 1999 16

Figure 1.5. Variations : a) de la salinité, b) de la température de l'eau et c) de l'abondance des épibiontes; de l'abondance de *Prorocentrum lima* et de *Prorocentrum mexicanum* d) sur les épibiontes, e) dans la colonne d'eau et f) dans les glandes digestives des moules à 6,0 m à la station de Grande-Entrée lors de la période d'échantillonnage de 1999 17

Figure 1.6. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum lima* sur les épibiontes et de l'abondance relative des macroalgues dans les échantillons de la station de Havre-aux-Maisons 18

Figure 1.7. Variations temporelles de la vélocité des vents et de l'abondance de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau à la station de Havre-aux-Maisons lors des mois de septembre et octobre 1999 18

Figure 1.8. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum lima* et du taux net de croissance de cette espèce (les taux positifs seulement sont représentés) sur les épibiontes à la station de Havre-aux-Maisons 19

Figure 1.9. Relation entre la concentration de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et la concentration de *P. mexicanum* dans les glandes digestives des moules de a) Grande-Entrée et de b) Havre-aux-Maisons.....20

Figure 1.10. Relation entre la concentration de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et dans les glandes digestives des moules pour des concentrations de *P. mexicanum* < 1800 cellules/m^3 dans les lagunes de Grande-Entrée (G.E.) et de Havre-aux-Maisons (H.A.M.).....20

Figure 1.11. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et des taux de croissance de cette espèce (les taux positifs seulement sont représentés) dans les lagunes de a) Havre-aux-Maisons et de b) Grande-Entrée.....21

PARTIE 2.

Tableau 2.1. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et myes prélevés sur les sites des Îles-de-la-Madeleine au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....27

Tableau 2.2. Analyses toxicologiques des échantillons de pétoncles prélevés sur les sites situés au large des Îles-de-la-Madeleine au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....29

Tableau 2.3. Analyses toxicologiques des échantillons de pétoncles prélevés sur le site d'élevage de l'APPIM situé dans la lagune de Havre-aux-Maisons au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....29

Tableau 2.4. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et pétoncles prélevés sur les sites de la Côte-Nord au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....31

Tableau 2.5. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et myes prélevés sur les sites de la Gaspésie au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....33

Tableau 2.6. Analyses toxicologiques des échantillons de moules prélevés sur les sites du Bas-Saint-Laurent au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....35

Tableau 2.7. Ensemble des analyses toxicologiques dépassant le seuil de détection au cours de la période d'échantillonnage de 1999.....36

RÉSUMÉ

Levasseur, M., J.Y. Couture, G. Sauvé et S. Michaud. 2001. Contamination des mollusques du Québec par les phycotoxines diarrhéiques (DSP) et amnestiques (ASP) et recherche des sources potentielles de phycotoxines DSP. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2350 : x + 41 p.

Cette étude fait suite à la détection pour la première fois de phycotoxines DSP et ASP dans des mollusques (moules et pétoncles) aux Îles-de-la-Madeleine lors de l'été 1998. Nos objectifs étaient 1) de déterminer si la microalgue *Prorocentrum lima* pouvait être responsable de la présence de DSP dans les moules d'élevage des Îles-de-la-Madeleine et 2) d'évaluer l'étendue de la contamination des mollusques par le DSP et l'ASP dans d'autres régions du Québec. Notre échantillonnage réalisé dans deux sites mytilicoles des Îles-de-la-Madeleine a mis en évidence la présence régulière de *P. lima* attaché aux épibiontes se développant sur les boudins de culture de moules. *P. lima* se retrouvait fréquemment dans les glandes digestives des moules mais apparemment en trop faibles concentrations pour les rendre toxiques lors de notre étude. Dans les autres régions du Québec, 9,5% des 252 mollusques analysés (principalement des moules) présentaient de faibles concentrations de DTX, le maximum atteint étant de 0,4 µg/g de glande digestive. L'échantillonnage réalisée aux Îles-de-la-Madeleine a également permis d'identifier pour la première fois dans le Saint-Laurent une autre microalgue toxique : *Prorocentrum mexicanum*. *P. mexicanum* est connu pour produire des toxines de type DSP, mais différentes que celles produites par *P. lima*. Ces toxines n'ont pas été mesurées lors de cette étude mais elles pourraient représenter un risque qui devra être évalué ultérieurement. Finalement, des concentrations importantes d'ASP (jusqu'à 550 µg/g) ont été mesurées dans les glandes digestives de pétoncles provenant des Îles-de-la-Madeleine. La source de ces toxines et l'importance des contaminations restent à définir.

ABSTRACT

Levasseur, M., J.Y. Couture, G. Sauvé et S. Michaud. 2001. Contamination des mollusques du Québec par les phycotoxines diarrhéiques (DSP) et amnestiques (ASP) et recherche des sources potentielles de phycotoxines DSP. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2350 : x + 41 p.

This study was initiated following the detection for the first time of DSP and ASP phycotoxins in shellfish (blue mussel and scallop) from the Magdalen Islands during the summer of 1998. Our objectives were 1) to determine if *Prorocentrum lima* may be the source of DSP in cultured mussels from the Magdalen Islands and 2) to evaluate the extent of the contamination by DSP and ASP of molluscs from different areas in Quebec. Our sampling, carried out at two cultured mussel sites in the Magdalen Islands, revealed the regular presence of *P. lima* fixed on the epibionts growing on the mussel socks. *P. lima* was frequently found in the digestive glands of the mussels, but apparently in concentrations too low to cause contamination during our study. In other regions of Quebec, 9.5% of the 252 shellfish analysed (mostly mussels) showed low levels of DTX with a maximum of 0.4 µg/g in the digestive gland. During the sampling conducted in the Magdalen Islands, we also identified, for the first time in Eastern Canada, another toxic microalga: *Prorocentrum mexicanum*. *P. mexicanum* is known to produce DSP-type toxins, but different from those produced by *P. lima*. These toxins were not measured during our study but could represent a risk that needs to be evaluated. Finally, elevated concentrations of ASP (up to

550 μg/g) were measured in the digestive glands of scallops from the Magdalen Islands. The source of these toxins and the importance of the contamination remain to be determined.

PRÉFACE

Les phycotoxines marines reliées à l'intoxication par les mollusques ont été classées en trois principaux groupes en fonction de leurs effets pathologiques chez les mammifères. Le premier groupe comprend la saxitoxine et ses dérivés. Ces phycotoxines sont communément appelées PSP pour « Paralytic Shellfish Poisoning » et ont un effet paralysant sur le système nerveux. Le deuxième groupe est constitué par un seul agent connu : l'acide domoïque appelé phycotoxine ASP pour « Amnesic Shellfish Poisoning » dont l'effet principal consiste en une altération de la conscience et de la mémoire. À fortes doses, les phycotoxines ASP et PSP peuvent être mortelles. Le troisième groupe est composé par l'acide okadaïque et les dinophysistoxines (DTX 1 à 5). Ces phycotoxines sont appelées DSP pour « Diarrhetic Shellfish Poisoning » et provoquent des symptômes apparentés à une gastro-entérite. Toutes ces phycotoxines sont naturellement produites par des algues microscopiques.

L'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA) a la responsabilité d'administrer un programme de contrôle des phycotoxines marines dans les mollusques récoltés à des fins commerciales. Pour réaliser ce mandat, l'agence assure le suivi hebdomadaire des niveaux d'ASP et de PSP dans une soixantaine de zones coquillières du Québec. Concernant les DSP, aucun programme de surveillance n'avait été mis en place au Québec avant 1999 puisqu'aucun cas d'intoxication n'avait été rapporté depuis que le gouvernement fédéral a eu la responsabilité, en 1984, du contrôle de la salubrité des mollusques.

Deux événements survenus à l'été 1998 aux Îles-de-la-Madeleine, incitèrent l'agence à reconsidérer les dangers reliés au DSP et à l'ASP pour les consommateurs de mollusques du Québec. D'abord, une enquête menée sur un cas d'intoxication alimentaire impliquant 20 personnes révélait la présence de DSP dans les moules consommées mais à un niveau normalement jugé insuffisant pour provoquer des symptômes d'intoxication (0,1 μg DTX-1/g; norme intérimaire: 1,0 μg/g). L'enquête n'a pu faire la preuve que la DTX-1 mesurée avait causé l'empoisonnement. Toutefois, elle avait démontré la présence de DSP dans les moules de culture locale. Subséquemment, une analyse de routine effectuée sur des gonades de pétoncles mettait en évidence la présence de faibles concentrations d'ASP (1,4 et 1,9 μg/g; norme: 20 μg/g). C'était la première fois que ces phycotoxines (DSP et ASP) étaient détectées dans des produits marins du Québec.

Ces résultats ont mis en évidence la contamination[1] des mollusques du Québec par le DSP et l'ASP et ont conduit à la présente étude, partiellement financée par le «Domaine d'intervention Santé humaine du Plan St-Laurent Vision 2000 », pour en déterminer l'ampleur et les causes. Le présumé incident d'intoxication diarrhéique qui s'était produit aux Îles-de-la-Madeleine en 1998 étant à l'origine de cette recherche, le premier objectif était donc de découvrir l'algue susceptible d'être la source des DSP mesurées. Le second objectif était d'évaluer l'étendue de la contamination en phycotoxines DSP dans des mollusques, sauvages et de culture, provenant d'autres régions que celle des Îles-de-la-Madeleine. Les analyses toxicologiques ont principalement été effectuées sur des moules et des pétoncles puisqu'ils étaient en cause dans les incidents de 1998, mais aussi sur quelques échantillons isolés (mactre et mye). Une partie des

[1] Le terme « contamination » signifie dans le rapport le fait d'obtenir des valeurs supérieures au seuil de détection de la méthode utilisée pour le dosage des phycotoxines dans les mollusques.

échantillons récoltés a également servi aux analyses de routine réalisées dans le cadre du programme de surveillance de l'ACIA pour l'ASP. Nous avons inclus dans le rapport les résultats relatifs à la détermination des concentrations d'ASP mais à titre d'information seulement. Nous souhaitons en faire une étude plus approfondie ultérieurement.

L'étude s'est effectuée grâce au travail conjoint de l'ACIA qui s'est chargée d'évaluer les concentrations des phycotoxines DSP et ASP dans les mollusques et du ministère des Pêches et Océans responsable du monitorage hebdomadaire des moules et des microalgues sur une période de trois mois et demi à deux sites d'élevage de moules situés aux Îles-de-la-Madeleine. Les moules suspectes de l'incident de 1998 provenaient de l'un de ces sites. Comme les deux objectifs de recherche faisaient appel à des plans d'échantillonnage et des protocoles différents, chacun d'eux a été traité dans une partie distincte du rapport. La première partie traite des variations estivales de l'abondance des dinoflagellés *Prorocentrum* spp. aux Îles-de-la-Madeleine et des concentrations de phycotoxines DSP dans les moules d'élevage. La seconde partie porte sur l'évaluation des concentrations de phycotoxines DSP et ASP dans les mollusques provenant de diverses régions du Québec.

PARTIE 1. VARIATIONS ESTIVALES DE L'ABONDANCE DES DINOFLAGELLÉS *PROROCENTRUM* SPP. AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE ET DES CONCENTRATIONS DE PHYCOTOXINES DSP DANS LES MOULES D'ÉLEVAGE

1.1. INTRODUCTION

La production des phycotoxines diarrhéiques est généralement associée à la présence d'algues microscopiques du groupe des dinoflagellés appartenant aux genres *Dinophysis* et *Prorocentrum*. Dans plusieurs pays européens, les cas d'intoxication diarrhéique ont souvent été liés à la présence de *Dinophysis* spp. (Quilliam and Wright 1995). Par contre en Amérique du Nord, les souches de *Dinophysis* ne semblent pas produire de toxines DSP[1] ou du moins en produiraient uniquement sous certaines conditions environnementales (Cembella et al. 1992). Par exemple, en Europe du Nord quelques centaines de cellules/litre de *Dinophysis* suffisent pour contaminer des moules au-delà de la limite permise alors que sur la côte est du Canada, des concentrations de plus de 50 000 cellules/litre ne résultent pas en une contamination des mollusques (Cembella et al. 1992).

En Amérique du Nord, les seuls cas confirmés d'intoxication diarrhéique se sont produits en août 1990 alors que 13 personnes furent incommodées suite à l'ingestion de moules provenant de Mahone Bay en Nouvelle-Écosse (Quilliam et al. 1993). La présence de dinophysistoxine-1 (DTX-1) dans les moules n'a pu être associée aux fortes concentrations de *Dinophysis* retrouvées dans la colonne d'eau. Cependant, une souche de *Prorocentrum lima* prélevée sur le site et mise en culture produisit de l'acide okadaïque (AO) et de la DTX-1 (Marr et al. 1992; Quilliam et al. 1993). En 1996-1997, une étude menée à Mahone Bay montra que *P. lima* était fort probablement la source de l'accumulation des DSP à cet endroit (Lawrence 1998). Une autre étude menée sur la côte est de l'état du Maine aux États-Unis à la suite de plusieurs cas inexpliqués de troubles gastro-intestinaux consécutifs à la consommation de moules démontra que la présence de DTX-1 était associée aux échantillons de phytoplancton ou de glandes digestives de moules contenant du *P. lima* (Morton et al. 1999).

Le programme de monitorage des algues toxiques de l'Institut Maurice-Lamontagne nous renseignait déjà à propos de la présence occasionnelle de *P. lima* dans la lagune de Havre-aux-Maisons. Le but de ce premier volet de l'étude était donc de déterminer si *P. lima* peut être associé à la présence de DSP dans les moules d'élevage des Îles-de-la-Madeleine. Pour répondre à cette question, un échantillonnage a été effectué pendant l'été 1999 à deux sites d'élevage de moules. Les objectifs poursuivis furent : 1) d'identifier et de dénombrer les microalgues du genre *Prorocentrum* potentiellement toxiques, sur les macroalgues entourant les boudins de moules, dans la colonne d'eau et dans les glandes digestives des moules et 2) de mesurer la présence de phycotoxines DSP (AO et DTX-1) dans les moules.

---

[1] Dans le texte nous utiliserons l'acronyme anglais DSP pour « Diarrhetic Shellfish Poisoning » afin de désigner les toxines causant l'intoxication diarrhéique par les mollusques.

1.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.2.1. SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Deux sites d'élevage de moules furent échantillonnés aux Îles-de-la-Madeleine, une fois par semaine du 30 juin au 11 octobre 1999. Le premier site se situait dans la lagune de Havre-aux-Maisons et le second dans la lagune de Grande-Entrée (Figure 1.1). Les critères de sélection de chacun des sites furent : 1) la présence de moules (*Mytilus edulis* ou *Mytilus trossulus*) de taille commerciale, 2) une densité de macroalgues suffisante autour des boudins pour la prise des échantillons et 3) une filière comportant de 15 à 20 boudins alignés afin de permettre un prélèvement de moules à chaque semaine et ce, à la même profondeur.

1.2.2. ÉCHANTILLONNAGE

Le matériel récolté sur les boudins de moules était constitué pour une bonne part d'hydrozoaires du genre *Campanularia*. Les hydrozoaires sont de petits invertébrés marins formant des colonies arborescentes très denses qui se fixent et se développent sur les substrats durs comme les roches, les bouées, les quais et même les mollusques. Plusieurs espèces de macroalgues, définies ici comme les algues visibles à l'œil nu, se développaient également avec les hydrozoaires. Ainsi, les échantillons récoltés sur les boudins de moules étaient composés d'hydrozoaires et de macroalgues indissociablement imbriqués. Le terme épibionte[1] a été utilisé par la suite dans ce rapport pour identifier cet assemblage macroscopique d'algues et d'hydrozoaires. L'échantillonnage consistait : 1) à récolter de l'eau de mer pour la mesure de certains paramètres physico-chimiques 2) à récolter en plongée un échantillon d'épibiontes autour d'un boudin de moules et à recueillir par la suite les moules supportant ces épibiontes et 3) à récolter le phytoplancton présent dans la colonne d'eau à moins de 5 m des boudins.

1.2.2.1. Paramètres physico-chimiques

La température de l'eau était mesurée par immersion d'un thermomètre au mercure à travers l'ouverture d'une bouteille Niskin de 2 litres. La mesure était prise en surface et à la profondeur d'échantillonnage des moules et des épibiontes qui était de 4,5 m à Havre-aux-Maisons et de 6,0 m à Grande-Entrée. L'eau de mer récoltée à 4,5 et à 6,0 m était ensuite utilisée pour la mesure de la salinité et le dosage des sels nutritifs inorganiques (NO_2, NO_3 et PO_4). La salinité était mesurée à l'aide d'un salinomètre de terrain (YSI model 33 S-C-T). Pour le dosage des sels nutritifs, l'eau de mer était filtrée sur une membrane Acrodisc Versapor 0,8 μm de 25 mm et congelée dans des cryotubes de polypropylène à - 40°C.

1.2.2.2. Récolte des épibiontes

P. lima étant reconnu comme une espèce épiphyte (qui croît sur les macroalgues), nous avons utilisé une version modifiée par Lawrence (1998) d'un protocole d'échantillonnage mis au point pour l'espèce tropicale *Gambierdiscus toxicus* (Yasumoto et al. 1979a). Le travail s'est fait en plongée à l'aide de sacs en polyéthylène d'une capacité de 8 litres. Il s'agissait pour le plongeur de prélever un échantillon d'épibiontes et d'eau de mer en l'emprisonnant dans un sac qu'il

[1] Organisme vivant fixé sur un support ou sur un autre organisme.

refermait à l'atteinte du boudin. L'échantillon était remonté en surface et acheminé au laboratoire.

1.2.2.3. Récolte des moules

Après le prélèvement des épibiontes, le plongeur retournait au même endroit afin de récolter les moules sur lesquelles étaient fixés les épibiontes. Le prélèvement se faisait en sectionnant un bout du cordage servant d'ancrage aux moules. Celles-ci étaient mises dans un sac, remontées en surface et acheminées au laboratoire. Afin de maintenir la profondeur d'échantillonnage constante (4,5 m à Havre-aux-Maisons et 6,0 m à Grande-Entrée), les prélèvements hebdomadaires étaient effectués sur des boudins consécutifs, mais appartenant à une même filière.

1.2.2.4. Récolte du phytoplancton dans la colonne d'eau

Le phytoplancton a été recueilli à l'aide d'un filet conique d'une longueur de 2 mètres installé sur un anneau métallique de 0,5 m de diamètre. Le filet fait de Nitex 20 μm se terminait par un godet capteur. À chaque station, un trait de filet vertical était effectué à la même profondeur et le filet était remonté doucement pour minimiser le refoulement d'eau (de 5,0 mètres à la surface à Havre-aux-Maisons et 6,0 mètres à la surface à Grande-Entrée). L'angle de remontée du câble était négligeable. L'échantillon recueilli était préservé avec du Lugol acide de concentration finale 1% pour analyse ultérieure en laboratoire.

1.2.3. TRAITEMENT DES ÉPIBIONTES

Au laboratoire, le sac contenant les épibiontes et l'eau de mer était brassé vigoureusement pendant deux à trois minutes afin de détacher les microalgues des épibiontes. Le contenu du sac était ensuite tamisé sur différents maillages, soit 350, 150, 100 et 20 μm, chacun subissant un rinçage abondant avec de l'eau de mer pré-filtrée sur Whatman GF/F. Les épibiontes et leurs débris retenus sur les tamis de 350, 150 et 100 μm étaient rinçés avec de l'eau distillée pour enlever toute trace de sel. Après l'identification des macroalgues et l'estimation qualitative de leur abondance, l'échantillon d'épibiontes était congelé et ultérieurement lyophilisé et pesé.

Le tamis de 20 μm retenait la majeure partie des microalgues, incluant *Prorocentrum* spp. Les cellules étaient resuspendues dans un volume connu d'eau de mer pré-filtrée sur Whatman GF/F. De cet échantillon, un volume de 200 mL était soutiré et préservé dans le Lugol acide de concentration finale 1 % pour fin d'identification et de dénombrement. L'échantillon préservé dans le Lugol servait à remplir une chambre de sédimentation de 5 mL. Après une heure de sédimentation, toute la chambre était balayée à grossissement 250X à l'aide d'un microscope optique inversé Leitz Diavert. Toutes les cellules du genre *Prorocentrum* furent dénombrées et leurs abondances rapportées en nombre de cellules par gramme de poids sec d'épibiontes.

1.2.4. TRAITEMENT DES MOULES

Au laboratoire, les moules étaient nettoyées et disséquées pour le prélèvement des glandes digestives devant servir d'une part, à l'analyse toxicologique et d'autre part, à l'analyse de leur

contenu. D'abord pour l'analyse des toxines, 20 à 30 moules étaient requises pour obtenir le minimum de 20 g de tissus nécessaires au protocole d'analyse des phycotoxines DSP. Une fois pesées et identifiées, les glandes digestives étaient congelées avant leur envoi à l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA) de Longueuil (Québec).

Pour l'analyse des contenus stomacaux, de 20 à 30 glandes digestives étaient pesées et triturées sur un tamis de maillage 2 mm. Par la suite, le matériel était passé successivement sur deux autres tamis, un de Nitex 100 μm et le second de 20 μm. Le tamis 100 μm retenait les débris de tissus et celui de 20 μm les microalgues. Celles-ci étaient resuspendues dans un volume connu d'eau de mer pré-filtrée sur Whatman GF/F. De cet échantillon, un volume de 200 mL était conservé dans le Lugol acide de concentration finale 1 %. Par la suite, un comptage au microscope fut effectué tel que décrit dans la section 1.2.3. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par gramme de glandes digestives (poids humide).

1.2.5. TRAITEMENT DES TRAITS DE FILETS VERTICAUX

Après la remontée du filet sur le bateau, le contenu du godet capteur était versé directement dans un pot de 200 mL auquel était ajouté du Lugol acide de concentration finale 1 %. Au laboratoire le dénombrement cellulaire de ces échantillons s'est fait selon la procédure présentée précédemment dans la section 1.2.3. Les quantités ont été rapportées en nombre de cellules par mètre cube. Cette mesure demeure cependant semi-quantitative; le volume d'eau de mer filtrée étant approximatif en raison de la possibilité de refoulement d'eau lors de la remontée du filet à travers la colonne d'eau.

1.3. RÉSULTATS

1.3.1. IDENTIFICATION DES MICROALGUES

Dès le début de l'échantillonnage, *Prorocentrum lima* a été retrouvée sur les épibiontes, dans la colonne d'eau et dans les glandes digestives des moules. Sa taille variait de 40 à 50 μm de longueur par 26 à 34 μm de largeur. Sa forme ovoïde, la présence d'un pyrénoïde au centre de la cellule et la légère dépression située dans la zone apicale constituent les principales caractéristiques qui permettent son identification en microscopie optique (Figure 1.2).

Les travaux d'identification et de dénombrement des échantillons ont également conduit à la découverte de *Prorocentrum mexicanum*, une autre espèce potentiellement toxique. L'identification de *P. mexicanum* dans les échantillons a débutée par l'observation occasionnelle, en microscopie optique, de cellules ressemblant à *P. lima* mais au contenu cytoplasmique plus opaque à la lumière. Une morphologie légèrement différente et la présence d'une épine dans la zone apicale de ces cellules laissait présager la présence d'une espèce non encore identifiée dans cette région. Afin de distinguer l'ornementation de la thèque propre à chaque espèce de *Prorocentrum*, les cellules furent traitées avec un détergent pour les libérer de leur contenu cellulaire permettant ainsi de voir le dessin formé par les pores sur les valves de la thèque. Chez *P. mexicanum*, les pores (environ 100 par valves) sont alignées radialement (Figure 1.3). La taille de *P. mexicanum* s'apparente à celle de *P. lima* avec une longueur de 40 à 46 μm et une largeur de 24 à 32 μm (Figure 1.2). La présence de *P. mexicanum* dans nos échantillons a par la

suite été confirmée par des observations en microscopie électronique (M. Elbrächter, FIS Wattenmeerstation, Sylt Hafenstr. 43, D-25992 List/Sylt, Germany, communication personnelle).

1.3.2. STATION DE HAVRE-AUX-MAISONS

1.3.2.1. Salinité et température

À Havre-aux-Maisons, la salinité de l'eau mesurée à la profondeur de 4,5 m variait de 27,5 à 31,5 au cours de la période d'échantillonnage (Figure 1.4a). Les maxima ont été atteints le 7 juillet et le 25 août avec 31,5 et 30 respectivement. Du 22 juillet au 18 août, la salinité est demeurée sous 29 de même qu'après le 8 septembre. Les données de température de l'eau recueillies en surface et à 4,5 m étant identiques, une seule courbe de température est présentée (Figure 1.4b). Durant la période du 30 juin au 22 septembre, la température de l'eau s'est maintenue au-dessus de 17,5°C. Un maximum de 21,5°C a été atteint le 4 août et un minimum de 17,5°C le 11 août. À partir du 29 septembre, la température de l'eau a chuté considérablement pour atteindre 10,5°C à la fin de la période d'échantillonnage le 11 octobre.

1.3.2.2. Abondance et nature des épibiontes

Au site de Havre-aux-Maisons, des successions dans l'assemblage des épibiontes ont été observées au cours de la période d'échantillonnage (Tableau 1.1). Les chlorophycées étaient davantage présentes du 30 juin au 11 août. Les plus couramment rencontrées étaient *Ulva lactuca*, *Rhizoclonium* spp. et *Chaetomorpha* spp. Au cours de cette période, les rhodophycées *Polysiphonia* spp. étaient également présentes, bien qu'en faible abondance. À partir du 11 août jusqu'au 15 septembre, les phaéophycées du genre *Ectocarpus* ont progressivement augmenté dans l'assemblage épibiontique. Occasionnellement, certaines chlorophycées tel que *Ulothrix* spp. et *Tellamia* spp. de même que la rhodophycée *Trailliella intricata* étaient présentes. Coïncidant avec un épisode de très forts vents, une diminution d'*Ectocarpus* spp. accompagnée d'une augmentation de *Trailliella intricata* a été observée à partir du 22 septembre. *T. intricata* est devenu abondante en octobre et constituait jusqu'à 50 % du volume de l'échantillon total, l'autre moitié étant constituée d'hydrozoaires. La biomasse totale des épibiontes échantillonnés variait relativement peu entre le 30 juin et le 15 septembre (Figure 1.4c). Cependant, elle montrait une forte augmentation autour du 22 septembre due au développement de la rhodophycée *Trailliella intricata* qui formait alors des amas très denses.

1.3.2.3. Abondance de Prorocentrum *spp.*

Au site de Havre-aux-Maisons, *P. lima* a été présent tout au long de la période d'échantillonnage sur les épibiontes (Figure 1.4d). *P. lima* était peu abondant au début de l'échantillonnage le 30 juin, augmentait progressivement jusqu'au 4 août et déclinait ensuite jusqu'à la fin du mois d'août. De la fin août jusqu'au 15 septembre, l'abondance de *P. lima* augmentait à nouveau, chutait brusquement le 22 septembre et restait faible jusqu'à la fin de l'échantillonnage le 11 octobre. L'abondance de *P. lima* s'est maintenue au-dessus de 2000 cellules/g de poids sec d'épibiontes pendant la majeure partie de la saison estivale avec un maximum de 9671 cellules/g de poids sec atteint le 4 août. Après le 15 septembre, la concentration a diminuée sous les 1000 cellules/g de poids sec. *P. lima* était peu abondant dans la colonne d'eau (Figure 1.4e). Sa

concentration est demeurée sous 900 cellules/m³ tout au long de la saison d'échantillonnage, étant souvent indétectable. *P. lima* se retrouvait aussi en faibles concentrations dans les glandes digestives des moules, demeurant sous 170 cellules/g de glande digestive du 30 juin au 11 octobre (Figure 1.4f).

Contrairement à *P. lima*, *P. mexicanum* était surtout présent dans la colonne d'eau et très peu abondant sur les épibiontes n'atteignant qu'un maximum de 790 cellules/g de poids sec le 29 septembre (Figure 1.4d). Le reste de la saison, il est demeuré en dessous des 600 cellules/g de poids sec d'épibiontes, étant indétectable en plusieurs occasions. *P. mexicanum* a été peu abondant dans l'eau du 22 juillet au 1er septembre demeurant sous 600 cellules/m^3. Toutefois, entre le 8 septembre et le 11 octobre, la concentration de *P. mexicanum* a considérablement augmentée dans la colonne d'eau, dépassant 1000 cellules/m³ avec un maximum atteint de 9469 cellules/m³ le 29 septembre (Figure 1.4e). L'abondance de *P. mexicanum* dans les glandes digestives des moules suit fidèlement sa distribution dans la colonne d'eau (Figure 1.4f). L'abondance de *P. mexicanum* est demeurée sous 100 cellules/g de glande digestive du 30 juin au 1er septembre, puis a augmentée à plus de 100 cellules/g dès le 15 septembre pour atteindre un maximum de 6092 cellules/g le 29 septembre (Figure 1.4f).

1.3.3. STATION DE GRANDE-ENTRÉE

1.3.3.1. Salinité et température

À Grande-Entrée, la salinité de l'eau mesurée à la profondeur de 6,0 m variait de 27,0 à 31,2 au cours de la période d'échantillonnage (Figure 1.5a). Les maxima ont été atteints le 5 juillet et le 23 août avec 31,2 et 29,8 respectivement. Entre le 26 juillet et le 16 août, la salinité est demeurée sous 29, de même qu'après le 6 septembre. Les données de température de l'eau recueillies en surface et à 6,0 m étant identiques, une seule courbe de température est présentée (Figure 1.5b). Durant la période du 1er juillet au 20 septembre, la température s'est maintenue au-dessus de 17°C. Un maximum de 21°C a été atteint le 2 août et un minimum de 17°C le 12 juillet. À partir du 27 septembre, la température de l'eau a chuté considérablement pour atteindre 13°C à la fin de la période d'échantillonnage le 5 octobre.

1.3.3.2. Abondance et nature des épibiontes

Au site de Grande-Entrée, des successions dans l'assemblage des épibiontes ont aussi été observées au cours de la période échantillonnée bien que la diversité d'espèces fut moins importante qu'à Havre-aux-Maisons (Tableau 1.2). Les échantillons du 1er juillet au 9 août étaient constitués d'hydrozoaires, de chlorophycées du genre *Chaetomorpha* spp. ainsi que de rhodophycées abondantes du genre *Polysiphonia* spp. Dans les échantillons du 16 et 23 août deux autres espèces de macroalgues étaient présentes : *Laminaria saccharina* et *Trailliella intricata*. Les échantillons du 30 août au 20 septembre contenaient en plus des hydrozoaires, des chlorophycées dont *Rhizoclonium* spp. et *Bryopsis plumosa*. Les deux derniers échantillonnages étaient principalement constitués d'hydrozoaires et de la rhodophycée *Trailliella intricata*.

La biomasse totale des épibiontes échantillonnés variait peu entre le 1er juillet et le 16 août (Figure 1.5c). Le 23 août, elle s'est accrue considérablement et a atteint un maximum de 48 g en raison de la présence de laminaires. Du 30 août au 20 septembre, la biomasse échantillonnée

retombait aux niveaux initiaux. Cependant, elle s'est accrue à nouveau lors des deux derniers échantillonnages de la saison et a atteint près de 20 g en raison d'une forte augmentation de *Trailliella intricata* tel qu'observé à Havre-aux-Maisons.

1.3.3.3. Abondance de Prorocentrum *spp.*

P. lima était présent sur les épibiontes tout au long de la période d'échantillonnage, montrant un patron de distribution similaire à celui obtenu au site de Havre-aux-Maisons (Figure 1.5d). *P. lima* était peu abondant au début de l'échantillonnage le 1er juillet, augmentait progressivement jusqu'au 19 juillet et déclinait ensuite jusqu'au 23 août. Du 30 août au 6 septembre, une seconde augmentation de *P. lima* était observée suivi d'une chute considérable de son abondance le 5 octobre. L'abondance de *P. lima* s'est maintenue au-dessus de 1000 cellules/g de poids sec d'épibiontes pendant la majeure partie de la saison estivale avec un maximum de 8087 cellules/g de poids sec le 6 septembre. La similarité des patrons de distribution (2 modes) de *P. lima* à Havre-aux-Maisons et à Grande-Entrée suggère qu'un facteur commun aux deux lagunes était responsable de ces variations. Comme à Havre-aux-Maisons, *P. lima* était peu présent dans la colonne d'eau (Figure 1.5e). Sa concentration est demeurée sous 300 cellules/m^3 tout au long de la saison d'échantillonnage, étant parfois indétectable. *P. lima* se retrouvait également en très faibles quantités dans les glandes digestives des moules, demeurant en dessous de 80 cellules/g de glande digestive du 1er juillet au 5 octobre (Figure 1.5f).

Tel qu'observé à Havre-aux-Maisons, *P. mexicanum* était surtout présent dans la colonne d'eau et très peu abondant sur les épibiontes n'atteignant qu'un maximum de 507 cellules/g de poids sec le 27 septembre (Figure 1.5d). Le reste de la saison, il est demeuré en dessous de 300 cellules/g de poids sec, étant indétectable en plusieurs occasions. *P. mexicanum* était peu abondant dans l'eau du 19 juillet au 20 septembre, demeurant sous 600 cellules/m^3, excepté le 16 août. Toutefois, lors des deux dernières semaines d'échantillonnage, la concentration de *P. mexicanum* a fortement augmentée dans la colonne d'eau, dépassant 1000 cellules/m^3 avec un maximum atteint de 1695 cellules/m^3 le 5 octobre (Figure 1.5e). L'abondance de *P. mexicanum* dans les glandes digestives des moules suit fidèlement sa distribution dans la colonne d'eau (Figure 1.5f). L'abondance de *P. mexicanum* est demeurée sous 100 cellules/g de glande digestive du 30 juin au 20 septembre, excepté le 16 août, puis a augmentée à plus de 100 cellules/g le 27 septembre pour atteindre un maximum de 242 cellules/g le 5 octobre (Figure 1.5f).

1.4. DISCUSSION

Les résultats de cette première partie de l'étude ont établi la présence de deux espèces de *Prorocentrum* potentiellement toxiques dans les lagunes de Havre-aux-Maisons et de Grande-Entrée, de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine, soit *Prorocentrum lima* et *Prorocentrum mexicanum*. *P. lima* est une espèce benthique/épiphyte largement distribuée à travers le monde dans les eaux côtières tempérées ou tropicales (Faust et al. 1999). *P. mexicanum* est considérée comme une espèce vivant dans les eaux tropicales ou sub-tropicales (Tindall and Morton 1998; Faust et al. 1999). Sa présence aux Îles-de-la-Madeleine était donc inattendue, bien que cette espèce se retrouve fréquemment dans les milieux protégés et peu profonds comme les lagunes (Faust et al. 1999).

1.4.1. VARIATIONS TEMPORELLES DE *P. LIMA* DANS LES LAGUNES

Aux Îles-de-la-Madeleine, *P. lima* avait déjà été observé occasionnellement dans la colonne d'eau de la lagune de Havre-aux-Maisons (Bérard-Therriault et al. 1999). Toutefois, cette étude a permis de constater que *P. lima* se retrouvait principalement sur les épibiontes entourant les boudins de culture de moules appuyant ainsi les observations faites à Mahone Bay, Nouvelle-Écosse (Lawrence 1998). Pour toute la période échantillonnée, les concentrations moyennes de cellules de *P. lima* sur les épibiontes ont été de 4060 cellules/g de poids sec à Havre-aux-Maisons et de 2969 cellules/g de poids sec à Grande-Entrée. Ces concentrations se comparent avec les valeurs moyennes de 2500 cellules/g de poids sec mesurées à Mahone Bay (Lawrence 1998). *P. lima* était toujours peu abondant dans la colonne d'eau et les diminutions de son abondance sur les épibiontes n'étaient pas accompagnées d'une augmentation de son abondance dans l'eau. Cette absence de relation peut résulter du mode (filet vertical) et de la fréquence (hebdomadaire) de notre échantillonnage. Malgré les faibles concentrations de *P. lima* mesurées dans la colonne d'eau, les cellules se retrouvaient fréquemment dans les glandes digestives des moules suggérant qu'elles étaient tout de même disponibles pour la consommation par les mollusques.

La variabilité de l'abondance de *P. lima* sur les épibiontes pourrait être liée à la variabilité des substrats macroalgaux selon des observations faites à Havre-aux-Maisons. La composition des échantillons d'épibiontes (macroalgues et hydrozoaires inextricablement emmêlés) n'a permis qu'une évaluation qualitative de l'abondance des macroalgues. Néanmoins, une succession de macroalgues représentant trois grands groupes a été observée pendant la période d'échantillonnage (Figure 1.6). Les chlorophycées étaient abondantes principalement en juillet et en août. Les phaeophycées ont été abondantes au début de septembre suivi par les rhodophycées du 22 septembre jusqu'à la fin de l'échantillonnage. Cette variabilité dans l'assemblage épibiontique a eu des répercussions sur l'abondance de *P. lima* (Figure 1.6). Les plus fortes concentrations de *P. lima* ont été observées lorsque les chlorophycées et les phaeophycées étaient abondantes alors que les plus faibles concentrations ont été observées lorsque les rhodophycées étaient abondantes entre le 22 septembre et le 11 octobre (Figure 1.6).

Les deux diminutions de l'abondance de *P. lima* sur les épibiontes coïncidaient avec la succession des macroalgues dominantes sur les boudins. La première diminution observée du 4 au 25 août coïncidait avec le remplacement des chlorophycées par les phaeophycées. La seconde diminution, observée du 15 au 22 septembre, coïncidait avec une très forte diminution d'*Ectocarpus* spp.(Figure 1.6). La disparition d'*Ectocarpus* spp. pourrait être reliée au brassage

occasionné par les très forts vents qui ont balayé la région les 18 et 19 septembre (Figure 1.7), entraînant probablement le détachement de cette macroalgue faiblement attachée aux boudins de moules. Par conséquent, des cellules de *P. lima* ont aussi été détachées avec leur substrat. Cette modification du substrat résultant du brassage pourrait être en partie responsable de la faible colonisation des rhodophycées par *P. lima* qui a suivie, entre le 22 septembre et le 11 octobre. Nous n'avons pas observé de relation linéaire entre l'abondance de *P. lima* et la biomasse totale des épibiontes échantillonnés. Lors d'une étude réalisée dans Mahone Bay, Lawrence et al. (2000) avaient observé que les abondances plus élevées de *P. lima* étaient associées à des biomasses plus faibles de macroalgues, suggérant que la disponibilité du substrat n'était pas un facteur limitant pour la fixation et la croissance de *P. lima*.

Les augmentations de l'abondance des chlorophycées en juillet et des phaeophycées en septembre ont coïncidé avec une croissance de *P. lima* comme le montre les taux nets de croissance (μ) des cellules (Figure 1.8). Durant ces périodes (30 juin au 4 août et du 25 août au 15 septembre), les taux nets de croissance de *P. lima* ont respectivement varié de 0,03 à 0,35 et de 0,03 à 0,13 division/jour (div/j). Les taux nets inférieurs (ou négatifs) mesurés lors de notre étude résultent des différents mécanismes de perte (détachement des cellules elles-mêmes ou de leur substrats, mortalité, broutage, etc.). Une étude de laboratoire réalisée avec des souches de *P. lima* isolées des eaux de Knight Key, Floride, a montré une absence de croissance en dessous de 19°C mais des taux de croissance significatifs (0.1 à 0.3) à des salinités comprises entre 23 et 40 à 27 ± 1°C (Morton et al. 1992). Au cours de notre étude, *P. lima* a été retrouvé à des salinités favorables de 27 à 31,5 mais à des températures de 10,5 à 21,5°C, suggèrant que les souches retrouvées aux Îles-de-la-Madeleine sont bien adaptées aux eaux tempérées froides du Golfe. Ceci s'accorde avec une étude de Jackson et al. (1993) qui avaient observé des taux de croissance significatifs (0.1 à 0.5) avec des souches de *P. lima* provenant de Mahone Bay, et maintenues à 10, 15 et 20°C. Les faibles concentrations (< 0,65 μmole) des sels nutritifs inorganiques (NO_3, NO_2 et PO_4) mesurées ne semblaient pas limitantes pour *P. lima*. L'épiphytisme observée chez cette espèce de dinoflagellé semble permettre l'assimilation directe d'éléments nutritifs à partir de l'hôte (Lawrence et al. 2000). Certaines expériences faites à partir de cultures d'algues avaient déjà montré que des exsudats de macroalgues permettaient, par exemple, d'augmenter la croissance des dinoflagellés *Gambierdiscus toxicus* et *Prorocentrum concavum* (Carlson et al. 1984).

P. lima peut coloniser une grande variété de macroalgues incluant des chlorophycées, phaeophycées et des rhodophycées. Son abondance semble néanmoins fortement liée au type de substrat, comme l'ont montré les études de Bomber et al. (1985) ainsi que de Morton and Faust (1997). Aux Îles-de-la-Madeleine, nos résultats suggèrent que *P. lima* colonise avec plus de succès les chlorophycées et phaeophycées que les rhodophycées (Figure 1.6). Ces observations préliminaires demanderaient cependant à être complétées par des observations en laboratoire afin de vérifier si la fixation de *P. lima* est sélective et si le type de substrat peut différemment influencer la croissance des cellules. En général, les relations hôtes–dinoflagellés sont complexes et probablement déterminées autant par des caractéristiques chimiques (exsudats) que morphologiques du substrat (Bomber et Aikman 1991). Quoi qu'il en soit, l'abondance de *P. lima* observée sur les épibiontes aux Îles-de-la-Madeleine apparaît fortement liée aux variations des espèces de macroalgues sur les boudins de culture, de même qu'aux facteurs qui régulent le développement de ces macroalgues.

1.4.2. VARIATIONS TEMPORELLES DE *P. MEXICANUM* DANS LES LAGUNES

Le patron de distribution de l'abondance de *P. mexicanum* est différent de celui de *P. lima*. *P. lima* se retrouvait principalement sur les épibiontes alors que *P. mexicanum* se retrouvait surtout dans la colonne d'eau. *P. mexicanum* a aussi été observé sur les épibiontes lors de la période d'échantillonnage. Son abondance y était très faible et parfois indétectable en juillet et en août mais a sensiblement augmentée en septembre (Figure 1.4d, 1.5d). L'augmentation des cellules de *P. mexicanum* sur les épibiontes en septembre n'était pas liée à la plus grande abondance de *P. mexicanum* retrouvée dans la colonne d'eau et pouvant être capturée lors de l'échantillonnage des épibiontes. Lorsque reconverties en unité de volume d'eau, les concentrations de *P. mexicanum* sur les épibiontes étaient généralement de 10 à 50 fois plus importantes que celles mesurées dans la colonne d'eau des deux lagunes. *P. mexicanum* était peu abondant dans l'eau en juillet et en août, mais sa concentration a considérablement augmentée en septembre dans les deux lagunes (Figure 1.4e, 1.5e). L'augmentation la plus significative a été observée dans la colonne d'eau de Havre-aux-Maisons entre le 22 et le 29 septembre. Cette augmentation coïncidait avec une période de temps calme avec des vents de moins de 5 mètres/seconde (m/s) (Figure 1.7). Par la suite, la diminution de l'abondance de *P. mexicanum* à Havre-aux-Maisons en octobre pourrait être reliée aux forts vents. L'augmentation de *P. mexicanum* dans la colonne d'eau de Grande-Entrée en septembre a suivie sensiblement le même patron qu'à Havre-aux-Maisons bien que l'amplitude des variations fut moins importante.

Le patron de distribution de l'abondance des cellules de *P. mexicanum* retrouvées dans les glandes digestives des moules suit fidèlement le patron de distribution de *P. mexicanum* observé dans la colonne d'eau (Figure 1.4f, 1.5f). Ainsi, une relation positive significative entre l'abondance de *P. mexicanum* dans la colonne d'eau et le nombre de cellules retrouvées dans les glandes digestives des moules a été établie aux deux sites d'échantillonnage (Figure 1.9). Cependant, pour Havre-aux-Maisons, il faut ajouter que la prédiction des valeurs (y) pour la seconde portion de la courbe de régression est moins précise puisqu'elle repose essentiellement sur un seul point d'échantillonnage. Toutefois, pour une concentration comparable de 0 à 1800 cellules/m^3 la relation obtenue est similaire pour les deux lagunes (Figure 1.10). Les relations ainsi obtenues montrent qu'il semble possible de prédire la concentration de *P. mexicanum* dans les moules à partir de celle mesurée dans la colonne d'eau.

Les taux de croissance net (μ) calculés pour *P. mexicanum* retrouvé dans la colonne d'eau permettent d'expliquer la petite floraison de ces cellules observée en septembre dans les deux lagunes. À Havre-aux-Maisons, entre le 8 et le 29 septembre, μ variait de 0,17 à 0,2 div/j alors qu'à Grande-Entrée, μ variait de 0,2 à 0,26 div/j entre le 30 août et le 27 septembre (Figure 1.11). Ces taux de croissance s'accordent avec les taux de 0.1 à 0.2 div/j obtenus par Morton et al. (1992) avec des souches de *P. mexicanum* isolées de Knight Key et cultivées à des salinités similaires à celle des lagunes. Toutefois, ces souches en provenance de Floride ne présentaient pas de croissance en-dessous de 21°C. Les préférences thermiques des souches de *P. mexicanum* du St-Laurent ne sont pas encore connues. Cependant, l'augmentation de l'abondance des cellules de *P. mexicanum* à des températures comprises entre 13 et 20°C en septembre suggère que les souches du St-Laurent sont bien adaptées aux eaux tempérés froides. Les relevés météorologiques montrent que la moyenne des températures pour le mois de septembre 1999 a nettement été au-dessus des normales saisonnières, atteignant 16,9°C au lieu de 12,8°C. La moyenne des vents journaliers (5 m/s) était également sous la normale (7,5 m/s). Ces résultats

suggèrent des conditions climatiques inhabituellement plus chaudes et plus calmes pour cette période de l'année. Ainsi, l'apparition de *P. mexicanum* dans la colonne d'eau en septembre 1999 pourrait résulter d'une phase active du cycle vital de la cellule favorisée par des conditions climatiques plus chaudes et moins turbulentes. Selon Taylor et al. (1995), *P. mexicanum* est une espèce épibenthique qui se retrouve sur les macroalgues et dans la colonne d'eau, ce qui est en accord avec les observations faites dans les lagunes de Havre-aux-Maisons et de Grande-Entrée.

1.4.3. ANALYSES TOXICOLOGIQUES

P. lima est reconnu comme un producteur d'acide okadaïque (Murakami et al. 1982) et de son dérivé méthyl ou DTX-1 (Lee et al. 1989). Une récente étude en laboratoire a démontré que ces deux toxines DSP s'accumulent dans les glandes digestives des moules *M. edulis* lorsque des cellules de *P. lima* sont ingérées (Pillet et al. 1995). Toutefois, l'analyse toxicologique des moules provenant des deux lagunes n'a pas révélé la présence d'acide okadaïque ou de DTX-1 (Tableau 1.3). La concentration maximale de *P. lima* de 167 cellules/g de glande digestive mesurée dans les moules ne semble donc pas suffisante pour induire un signal supérieur ou égal au seuil de détection de 0,03 μg de toxines/g de glande digestive pour la méthode utilisée. En 1997, à Mahone Bay, les concentrations de *P. lima* dans les moules n'excédèrent pas 47 cellules/g de glande digestive et les toxines étaient demeurées indétectables (Lawrence 1998). Il est à noter que des faibles concentrations de DTX-1 ont été détectées dans des moules prélevées aux mêmes sites et parfois à un jour d'intervalle de nos échantillons (voir Tableau 2.1. de la Partie 2 de l'étude). Des analyses de contenus stomacaux n'ont cependant pas été réalisées sur ces échantillons, empêchant de relier les toxines mesurées à une espèce de microalgue en particulier.

P. mexicanum produit aussi des toxines quoique différentes de celles produites par *P. lima*. Une toxine hydrosoluble à action rapide appelé FAT pour « Fast-Acting-Toxins » a été isolée d'un extrait de *P. mexicanum* par Tindall et al. (1989) et des toxines à forte activité hémolytique ont été isolées par Nakajima et al. (1981). Selon Faust et al. (1999), les toxines DSP sont classées en composés polyéther liposolubles dont font partie l'acide okadaïque et les DTX et en composés hydrosolubles qui incluent notamment les FAT. L'analyse des toxines hydrosolubles de *P. mexicanum* nécessite un protocole d'extraction différent de celui utilisé lors de cette étude. La capacité des souches de *P. mexicanum* du St-Laurent à produire des FAT n'a pas encore été démontrée. Cependant, les fortes concentrations de *P. mexicanum* mesurées dans les moules en septembre indiquent un potentiel de contamination qui devra être évalué ultérieurement.

Tableau 1.1. Variations saisonnières des épibiontes sur les boudins de moules à la station de Havre-aux-Maisons au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Période d'échantillonnage	Description dc l'assemblage épibiontique
30 juin au 11 août	Hydrozoaires Chlorophycées (*Ulva lactuca*, *Rhizoclonium* spp., *Chaetomorpha* spp.) Rhodophycées (*Polysiphonia* spp.)
11 août au 15 septembre	Hydrozoaires Phaeophycées (*Ectocarpus* spp.) Chlorophycées (*Ulothrix* spp., *Tellamia* spp.) Rhodophycée (*Trailliella intricata*)
22 au 29 septembre	Forte diminution d'*Ectocarpus* spp. Augmentation de *Trailliella intricata*
6 au 11 octobre	Hydrozoaires *Trailliella intricata*

Tableau 1.2. Variations saisonnières des épibiontes sur les boudins de moules à la station de Grande-Entrée au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Période d'échantillonnage	Description de l'assemblage épibiontique
1er juillet au 9 août	Hydrozoaires Chlorophycées (*Chaetomorpha* spp.) Rhodophycées (*Polysiphonia* spp.)
16 et 23 août	*Laminaria saccharina* *Trailliella intricata* (faible abondance)
30 août au 20 septembre	Hydrozoaires Chlorophycées (*Rhizoclonium* spp. et *Bryopsis plumosa*)
27 septembre au 5 octobre	Hydrozoaires (dominant) *Trailliella inticata*

Tableau 1.3. Analyses toxicologiques effectuées sur les moules prélevées aux sites mytilicoles de Havre-aux-Maisons et de Grande-Entrée au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté

Mollusque	Site	Date de cueillette	Poids (g)	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)
Moules C	Havre-aux-Maisons	30-juin-99	16,43	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	1-juil-99	16,13	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	5-juil-99	24,40	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	7-juil-99	23,32	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	12-juil-99	21,36	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	14-juil-99	20,73	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	19-juil-99	20,86	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	22-juil-99	22,00	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	26-juil-99	22,75	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	28-juil-99	23,17	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	2-août-99	22,57	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	4-août-99	22,88	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	9-août-99	23,70	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	11-août-99	23,66	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	16-août-99	23,70	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	18-août-99	22,75	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	23-août-99	23,07	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	25-août-99	22,95	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	30-août-99	23,10	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	1-sept-99	22,76	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	6-sept-99	23,17	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	8-sept-99	22,70	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	13-sept-99	23,59	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	15-sept-99	22,51	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	20-sept-99	22,64	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	22-sept-99	23,20	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	27-sept-99	23,09	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	29-sept-99	23,19	ND	ND
Moules C	Grande-Entrée	5-oct-99	23,03	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	6-oct-99	22,98	ND	ND
Moules C	Havre-aux-Maisons	11-oct-99	23,26	ND	ND

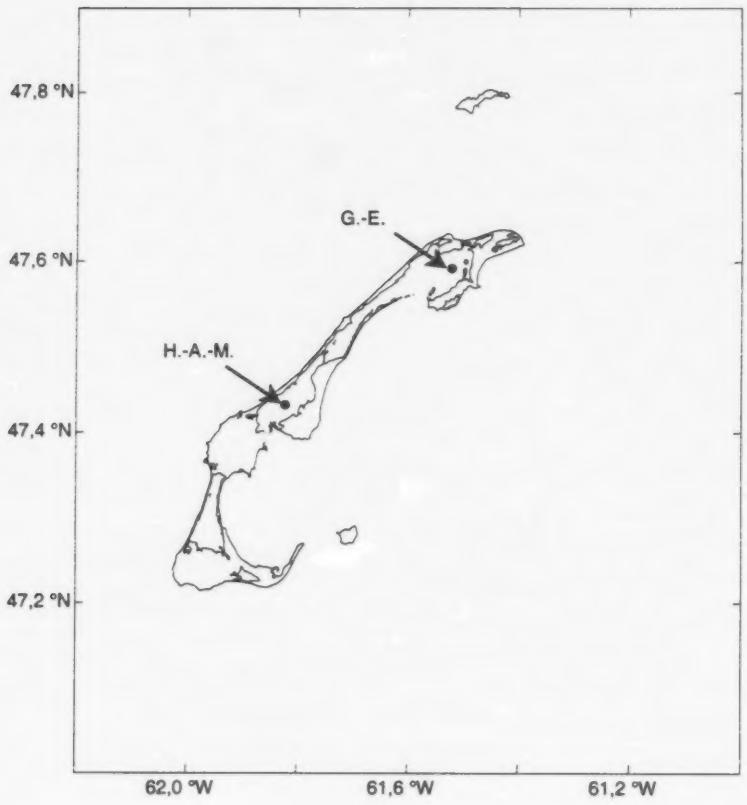

Figure 1.1. Localisation des sites d'échantillonnage de Havre-aux-Maisons (H.-A.-M.) et de Grande-Entrée (G.-E.) aux Îles-de-la-Madeleine.

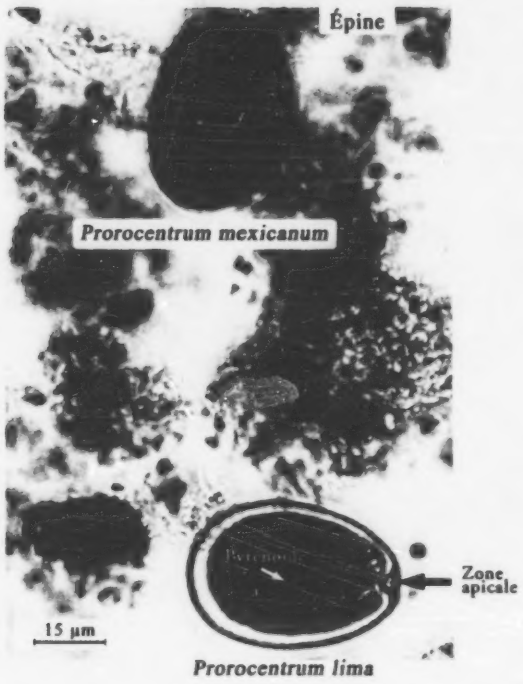

Figure 1.2. Photographie en microscopie optique des dinoflagellés *Prorocentrum lima* et *Prorocentrum mexicanum.*

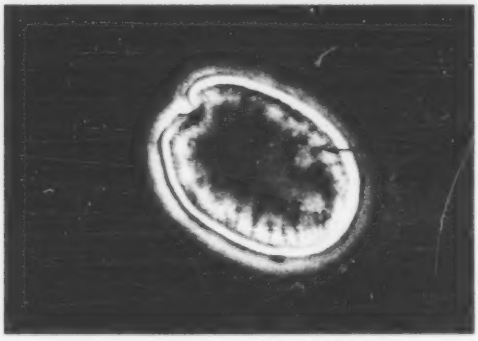

Figure 1.3. Détails de l'ornementation d'une valve de *Prorocentrum mexicanum.*

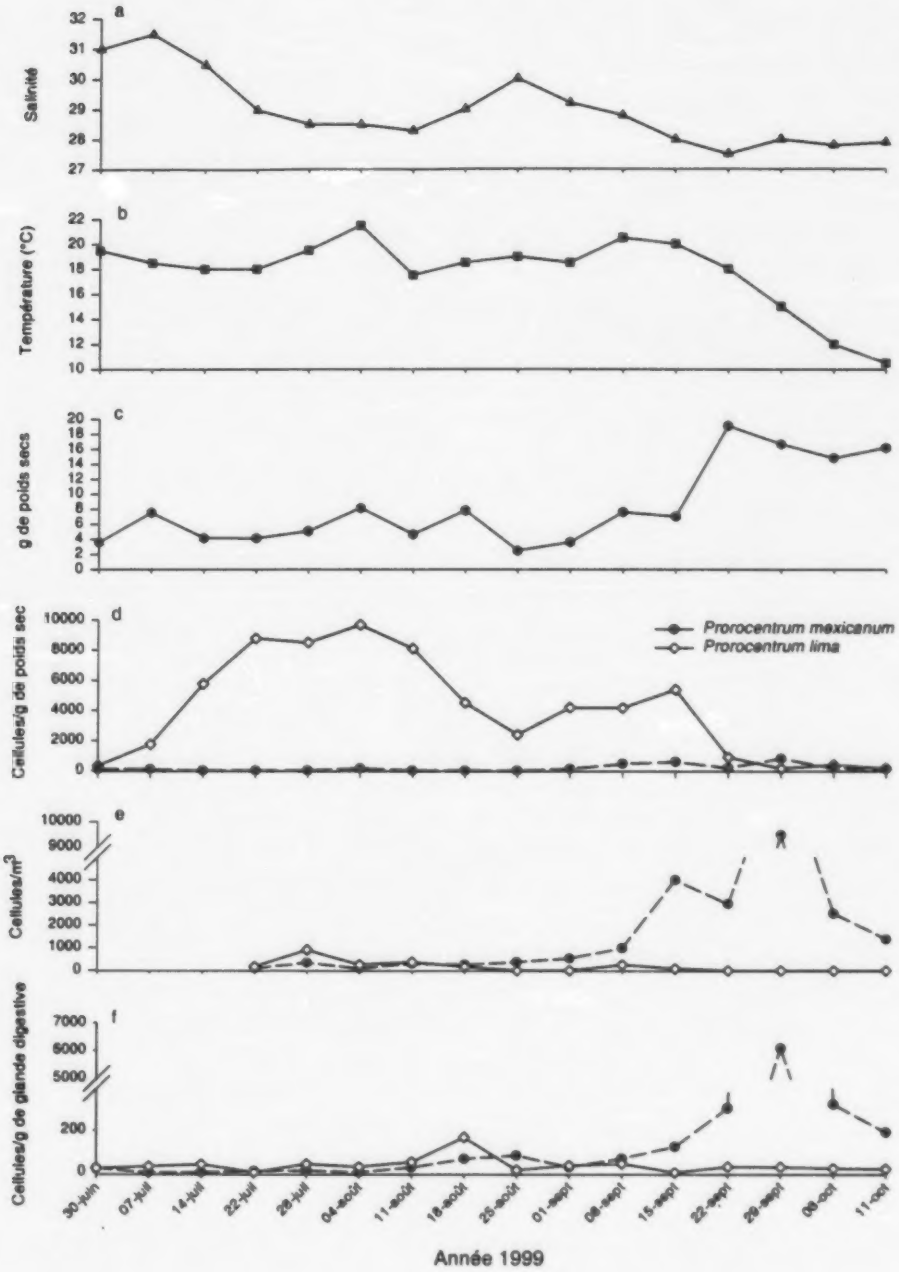

Figure 1.4. Variations : a) de la salinité, b) de la température (°C) de l'eau et c) de l'abondance des épibiontes; de l'abondance de *Prorocentrum lima* et de *Prorocentrum mexicanum* d) sur les épibiontes, e) dans la colonne d'eau et f) dans les glandes digestives des moules à 4,5 m à la station de Havre-aux-Maisons lors de la période d'échantillonnage de 1999.

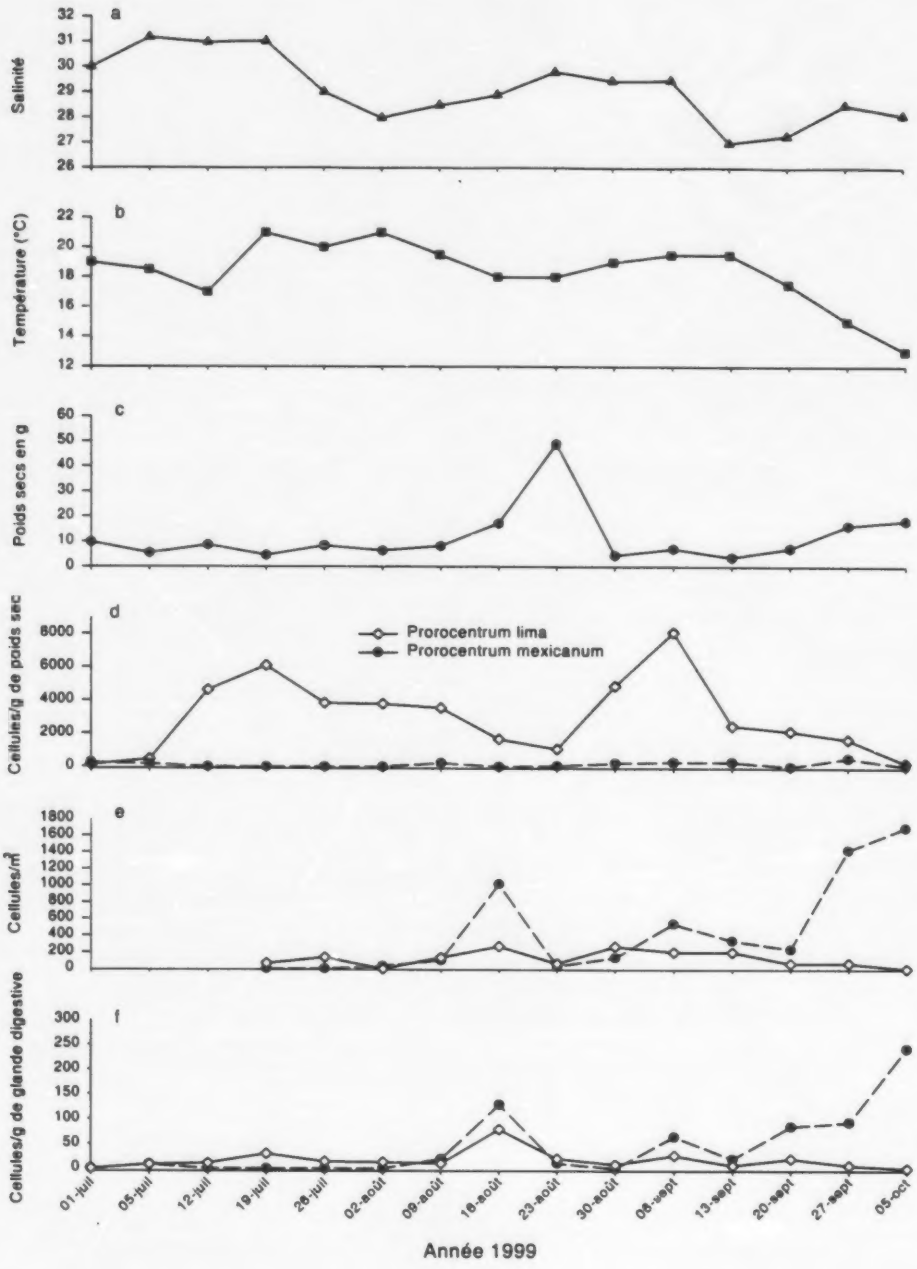

Figure 1.5. Variations : a) de la salinité, b) de la température (°C) de l'eau et c) de l'abondance des épibiontes ; de l'abondance de *Prorocentrum lima* et de *Prorocentrum mexicanum* d) sur les épibiontes, e) dans la colonne d'eau et f) dans les glandes digestives des moules à 6,0 m à la station de Grande-Entrée lors de la période d'échantillonnage de 1999.

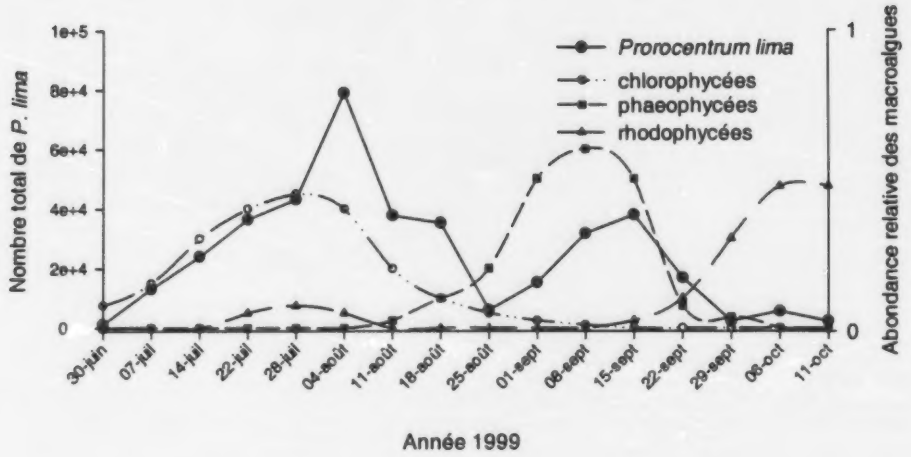

Figure 1.6. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum lima* sur les épibiontes et de l'abondance relative des macroalgues dans les échantillons de la station de Havre-aux-Maisons.

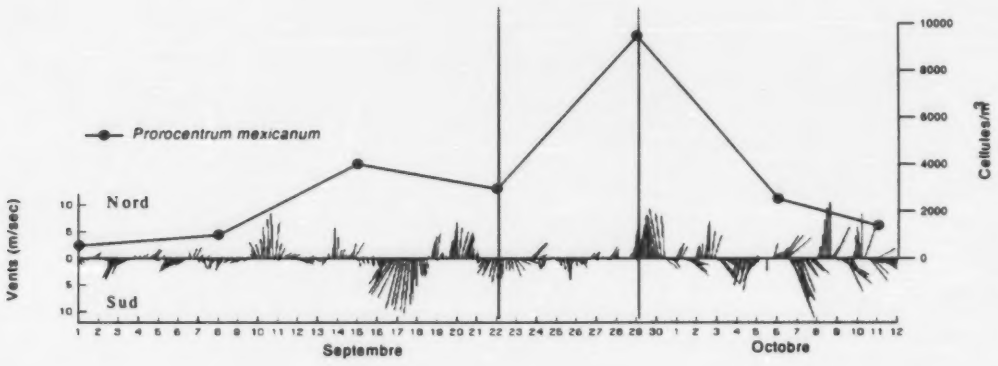

Figure 1.7. Variations temporelles de la vélocité des vents et de l'abondance de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau à la station de Havre-aux-Maisons lors des mois de septembre et octobre 1999 (Les vecteurs pointent dans la direction inverse de la provenance du vent).

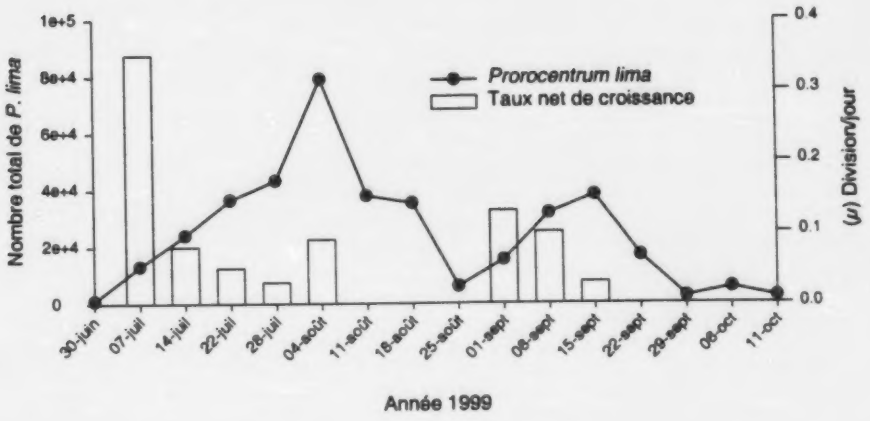

Figure 1.8. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum lima* et du taux net de croissance de cette espèce (les taux positifs seulement sont représentés) sur les épibiontes à la station de Havre-aux-Maisons.

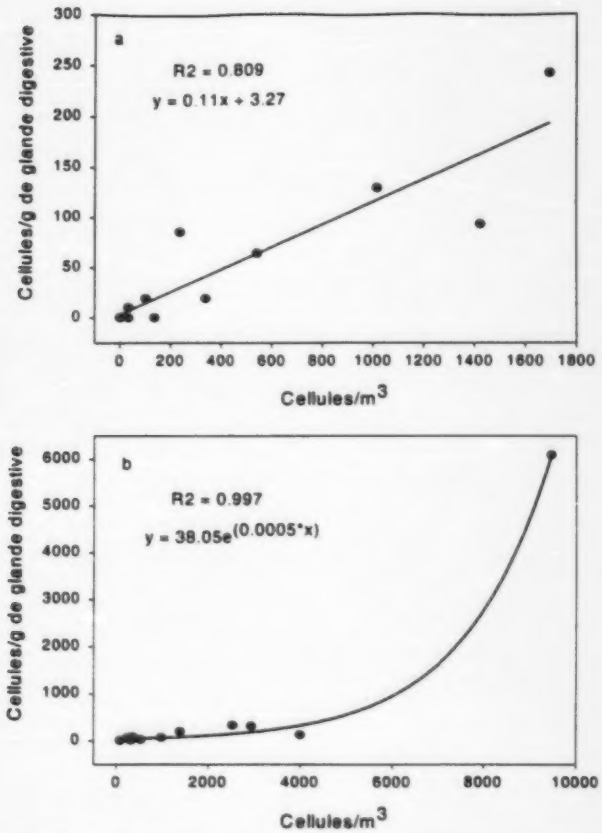

Figure 1.9. Relation entre la concentration de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et la concentration de *P. mexicanum* dans les glandes digestives des moules de a) Grande-Entrée et de b) Havre-aux-Maisons.

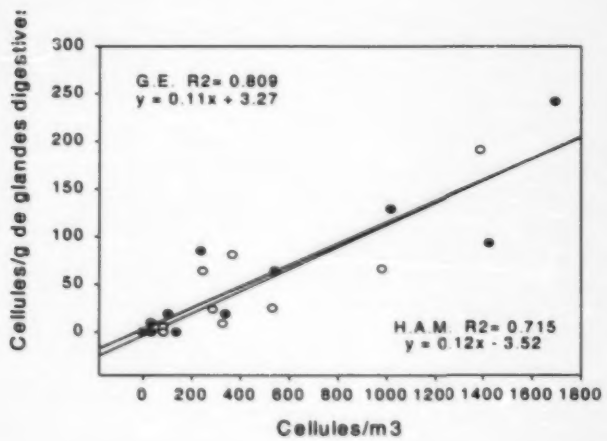

Figure 1.10. Relation entre la concentration de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et dans les glandes digestives des moules pour des concentrations *de P. mexicanum* < 1800 cellules/m^3 dans les lagunes de Grande-Entrée (G.E.) et de Havre-aux-Maisons (H.A.M.). Le symbole (●) est pour G.E. et (O) pour H.A.M.

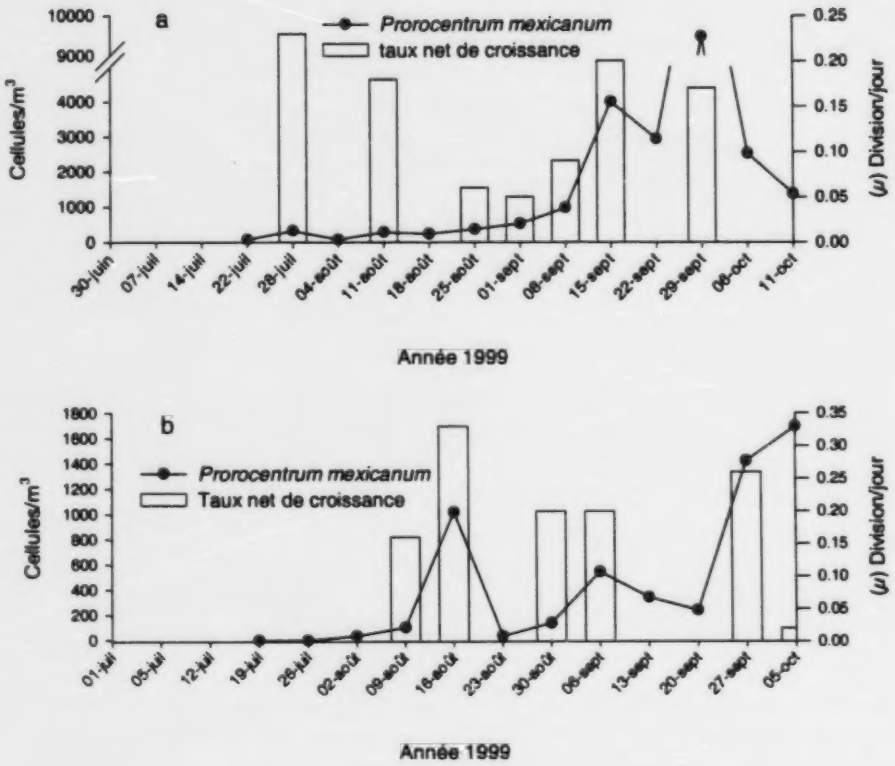

Figure 1.11. Variations estivales de l'abondance de *Prorocentrum mexicanum* dans la colonne d'eau et des taux de croissance de cette espèce (les taux positifs seulement sont représentés) dans les lagunes de a) Havre-aux-Maisons et de b) Grande-Entrée.

PARTIE 2. ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS DE PHYCOTOXINES DSP[1] ET ASP[1] DANS LES MOLLUSQUES DE DIVERSES RÉGIONS DU QUÉBEC

2.1. INTRODUCTION

L'intoxication diarrhéique par les mollusques identifiée pour la première fois en 1976 au Japon (Yasumoto et al. 1979b) puis retrouvée dans de nombreux pays européens dans les années 1980 (Yasumoto 1985) est causée par des phycotoxines dont les principales sont l'acide okadaïque (AO) et la dinophysistoxine-1 (DTX-1). Ces phycotoxines, produites par des algues microscopiques des genres *Prorocentrum* et *Dinophysis*, se concentrent dans les tissus des mollusques qui se nourrissent de ces microalgues. L'ingestion de mollusques contaminés provoque alors des malaises gastro-intestinaux dont les principaux symptômes sont la diarrhée, la nausée, les vomissements, les douleurs abdominales et les frissons. Des troubles secondaires comme les céphalées, les vertiges, la fièvre et la tachycardie sont aussi observés à l'occasion (Duchesne et al. 1999).

La récente détection d'acide domoïque et de DTX-1 dans les mollusques du Québec, associée à la présence des algues susceptibles de produire ces phycotoxines dans le Saint-Laurent (Bérard-Thérriault et al. 1999), a entraîné un effort de surveillance accru. Toutefois, l'absence d'un laboratoire québécois de l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA) en mesure de faire le dosage des DSP a incité l'agence à mettre en place cette expertise dans ses laboratoires de Longueuil (Québec).

Le but de cette seconde partie de l'étude était d'évaluer l'étendue de la contamination par les phycotoxines DSP par l'analyse toxicologique de mollusques, particulièrement de moules et de pétoncles, en provenance des principales zones coquillières du Québec. Une partie des échantillons récoltés a également servi à la détermination des concentrations de toxines ASP. Ces résultats ont été inclus dans cette section du rapport à titre d'information.

2.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.2.1. SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Le choix des sites d'échantillonnage pour le suivi des concentrations en acide okadaïque et en DTX-1 s'est principalement effectué parmi les sites liés au programme de surveillance pour l'ASP et le PSP. Les sites de récolte ont été répartis selon quatre grandes régions géographiques du territoire québécois.

- Îles-de-la-Madeleine : 2 sites d'aquaculture et 1 site de moules sauvages
- Gaspésie : 5 sites d'aquaculture et 4 sites de moules sauvages
- Bas-St-Laurent : 2 sites de moules sauvages
- Côte-Nord : 6 sites de moules sauvages et 1 site de moules de culture

[1] Dans le texte nous utiliserons les acronymes anglais ASP pour « Amnesic Shellfish Poisoning » et DSP pour « Diarrhetic Shellfish Poisoning » afin de désigner les toxines causant l'intoxication amnestique et les toxines causant l'intoxication diarrhéique par les mollusques.

D'autres sites de récolte ne faisant pas l'objet d'une surveillance systématique ont été ajoutés dont un site expérimental d'aquaculture de pétoncles géré par l'Association des Pêcheurs de Pétoncles des Îles-de-la-Madeleine (APPIM). Ce site se trouve dans la lagune de Havre-aux-Maisons à proximité d'un site d'élevage de moules. La pêche commerciale des Îles-de-la-Madeleine et de la Côte-Nord a aussi fourni d'autres échantillons de pétoncles. Finalement, quelques échantillons isolés ont été analysés : des mactres de Stimpson et des myes des Îles-de-la-Madeleine. Dans la présentation des résultats, ces sites sont inclus dans les quatre grandes régions géographiques déjà mentionnées. Les deux sites de mytiliculture des Îles-de-la-Madeleine, soit ceux de Havre-aux-Maisons et de Grande-Entrée, ont été retenus pour les deux parties de l'étude.

2.2.2. ÉCHANTILLONNAGE

Les échantillons ont principalement été récoltés par le biais du programme de surveillance des phycotoxines marines. Ce programme nécessite la collaboration de plusieurs intervenants. Ainsi, la collecte des mollusques a été réalisée par les inspecteurs de l'ACIA sur les sites publics, par les aquaculteurs sur les sites d'élevage, par les pêcheurs sur les sites de pêche commerciale, par le Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) sur le site de recherche de Gaspé et par un contractant sur les sites de la Côte-Nord. Certains critères relatifs à la provenance et à la manutention étaient appliqués à la collecte des échantillons. En zones intertidales, la cueillette des mollusques se faisait à des endroits reconnus comme étant des sites publics de récolte. Sur les sites d'aquaculture, la cueillette se faisait sur les boudins dont les moules avaient atteint la taille commerciale. Concernant la pêche commerciale, la récolte des échantillons s'effectuait au hasard lors des débarquements. Dans tous les cas, il était nécessaire de réfrigérer les échantillons le plus rapidement possible après la cueillette. Lors de l'envoi au laboratoire, l'emballage devait protéger les coquillages des bris et de la chaleur. Les mollusques devaient être vivants à leur arrivée au laboratoire (sauf si congelés pour analyse ultérieure).

2.2.3. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

En fonction du lieu de cueillette, les échantillons ont été préparés soit aux laboratoires de l'ACIA situés aux Îles-de-la-Madeleine, à Longueuil (Québec), à Dartmouth (Nouvelle-Écosse) ou encore au laboratoire du MAPAQ à Gaspé (Québec). La préparation consistait à disséquer les mollusques pour le prélèvement des glandes digestives devant servir à l'analyse toxicologique. Les glandes digestives de 20 à 30 moules étaient requises pour obtenir le minimum de 20 g de tissus nécessaires au protocole d'analyse des phycotoxines DSP. Quarante quatre échantillons frais, dont 30 provenant des sites de mytiliculture des Îles-de-la-Madeleine, ont été expédiés et analysés au laboratoire de l'ACIA à Dartmouth dans les deux semaines suivant l'échantillonnage. Les autres échantillons ont été congelés et analysés ultérieurement à Longueuil.

2.2.4. ANALYSE EN LABORATOIRE

Tous les échantillons ont été analysés suivant la méthode de van de Riet et al. (1995) telle que reconnue par l'ACIA. La méthode s'applique aux mollusques à l'état vivant, congelés ou transformés et s'est avérée efficace pour doser l'acide okadaïque (AO) et la dinophysistoxine-1 (DTX-1) dans leurs tissus. La limite de détection de cette méthode est de 0,15 ng pour chaque

analyte, ce qui équivaut, dans les conditions décrites, à une teneur de 0,03 µg/g dans les tissus. Les phycotoxines DSP sont d'abord extraites des glandes digestives des mollusques à l'aide de méthanol. Les lipides non polaires sont éliminés par extraction à l'hexane et les toxines sont ré-extraites au chloroforme avant d'être évaporées jusqu'à siccité sous un courant d'azote. Un sous-échantillon est mélangé au réactif 9-anthryldiazométhane (ADAM), afin de rendre les toxines fluorescentes. L'échantillon est nettoyé sur une colonne à cartouche de silice et analysé à l'aide d'un chromatographe liquide haute performance (HPLC) avec détecteur à fluorescence. Les étalons certifiés utilisés proviennent du Conseil national de recherche du Canada situé à Halifax (Nouvelle-Écosse).

2.3. RÉSULTATS

2.3.1. ÎLES-DE-LA-MADELEINE

Afin de faciliter leur consultation, les résultats du dosage des phycotoxines DSP réalisé sur les 110 échantillons analysés ont été regroupés par ordre chronologique et par groupes d'espèces : moules (*Mytilus edulis* et *Mytilus trossulus*), myes (*Mya arenaria*) et mactres (*Spisula solidissima*) (Tableau 2.1); pétoncles (*Placopecten magellanicanus*) pêchés au large des Îles-de-la-Madeleine (Tableau 2.2); et pétoncles des lagunes (Tableau 2.3).

Les phycotoxines DSP ont été détectées en faibles concentrations dans 10 échantillons dont un seul provenait de l'extérieur des lagunes, celui des mactres de Stimpson récolté à l'île Brion le 22 octobre 1999 (Tableau 2.1). Les toxines ont été détectées plus fréquemment chez les moules d'élevage (7 sur 30) que chez les moules sauvages (1 sur 18). La présence de DTX-1 aux sites de mytiliculture de Grande-Entrée et de Havre-aux-Maisons s'est surtout concentrée dans la période comprise entre le 22 juin et la mi-juillet. Un seul échantillon de moules provenant de la lagune de Havre-aux-Maisons a dépassé le seuil d'avertissement fixé par l'ACIA à 0,3 µg de toxines/g de glande digestive. Tous les autres échantillons contaminés n'ont pas dépassé 0,1 µg/g. La norme maximale intérimaire résultant en la fermeture d'un secteur a été fixée par Santé Canada à 1,0 µg/g. Par ailleurs, un seul échantillon de pétoncles parmi les 60 analysés a révélé la présence d'une très faible concentration de DTX-1 (Tableaux 2.2 et 2.3).

Les résultats du dosage de l'ASP indiquent que la norme de 20 µg/g de glande digestive était régulièrement dépassée dans les pétoncles pêchés au large (Tableau 2.2) alors que les pétoncles des lagunes présentaient une contamination sporadique se situant toujours sous la norme des 20 µg/g (Tableau 2.3). L'ASP n'a pas été détecté chez les autres espèces de mollusques. La période de cueillette dans cette région s'est étendue du 8 juin au 15 novembre 1999.

2.3.2. CÔTE-NORD

La majorité des échantillons prélevés dans cette région (49 sur 53) étaient des moules sauvages. Les phycotoxines DSP ont été détectées en très faibles concentrations dans cinq échantillons au total dont trois de moules sauvages, un de moules de culture ainsi que dans un échantillon de pétoncles (Tableau 2.4). La concentration des toxines n'a pas dépassé 0,07 µg/g de glande digestive. L'ASP a été mesuré une seule fois, en trace, dans un échantillon de moules sauvages. La période de cueillette s'est étendue du 31 juillet au 31 octobre 1999.

2.3.3. GASPÉSIE

Pour cette région, 75 % des échantillons ont été prélevés dans la Baie des Chaleurs et les moules de culture représentaient la majorité des échantillons analysés (Tableau 2.5). De faibles concentrations de DTX-1 ont été détectées à trois reprises pendant l'été dans les moules de culture provenant des sites de Maria et New Richmond. Deux mesures isolées de traces de DTX-1 ont été effectuées dans des moules sauvages provenant de Jersey Cove et de Port-Daniel. Au total, 15 % des échantillons ont montré une faible contamination avec un maximum atteint de 0,1 µg de DTX-1/g. L'ASP n'a pas été détecté dans les échantillons de cette région. La période de cueillette s'est étendue du 8 juillet au 9 novembre 1999.

2.3.4. BAS-SAINT-LAURENT

Tous les échantillons de cette région provenaient des deux seuls sites coquilliers échantillonnés par l'ACIA pour la moule, soit ceux du Bic et de St-Fabien-sur-Mer. Les 30 échantillons analysés étaient uniquement constitués de moules sauvages prélevés entre le 2 août et le 15 novembre 1999 et toutes les mesures de phycotoxines, ASP et DSP, ont été négatives (Tableau 2.6).

2.3.5. ENSEMBLE DES RÉSULTATS

Un total de 252 échantillons, prélevés entre le 8 juin 1999 et le 15 novembre 1999, ont été analysés. De ce nombre, 43 % étaient des moules sauvages, 30 % des moules de culture, 25 % des pétoncles et 2 % d'autres espèces. Des phycotoxines DSP ont été détectées dans 9,5 % (24 sur 252) des échantillons analysés provenant de quatre régions différentes du Québec (Tableau 2.7). Sur la base des espèces et selon la région échantillonnée, la présence des phycotoxines DSP était répartie de la manière suivante :

Espèces	Contamination par espèce	Proportion de la contamination totale
Moules sauvages	5,6 % (6/108)	25,0 % (6/24)
Moules de culture	19,7 % (15/76)	62,5 % (15/24)
Moules, total	11,4 %(21/184)	87,5 % (21/24)
Pétoncles	3,2 % (2/63)	8,3 % (2/24)
Autres (myes, mactres)	20,0 % (1/5)	4,2 % (1/24)

Région	Répartition des échantillons	Proportion de la contamination totale
Îles-de-la-Madeleine	43,7 % (110/252)	41,7 % (10/24)
Côte-Nord	21,0 % (53/252)	20,8 % (5/24)
Gaspésie	23,4 % (59/252)	37,5 % (9/24)
Bas-St-Laurent	11,9 % (30/252)	0,0 % (0/25)

2.4. DISCUSSION

Les résultats obtenus lors de cette seconde partie de l'étude démontrent que la contamination par les phycotoxines DSP touche également d'autres régions que celle des Îles-de-la-Madeleine. Sur l'ensemble des 24 échantillons contaminés, 14 provenaient de la Côte-Nord ou de la Gaspésie. Toutefois, les concentrations de phycotoxines mesurées demeurent très faibles puisqu'un seul échantillon a dépassé le seuil d'avertissement fixé à 0,3 μg de toxines/g de glande digestive par l'ACIA. Néanmoins, la présence de phycotoxines DSP dans 9,5 % des échantillons analysés montre l'importance d'inclure, à titre préventif, cette classe de toxines dans les contrôles alimentaires effectués sur les produits marins du Québec.

Parmi les espèces échantillonnées, la moule est celle qui semble la plus vulnérable à ce type de contamination avec presque quatre fois plus de cas (11,4 %) que le pétoncle (3,2 %). De plus, les résultats indiquent que la contamination touche davantage les moules de culture que les moules sauvages. Sur l'ensemble du territoire étudié, les moules de culture ont présenté une contamination près de quatre fois plus fréquente que les moules sauvages (19,7 % vs. 5,6 %). Cette sensibilité accrue des moules de culture pourrait être reliée à la colonisation des structures utilisées pour l'élévage des moules par des macroalgues filamenteuses. Ces macroalgues entourant les boudins de moules peuvent servir de support à *Prorocentrum lima*, une microalgue épiphytique de la famille des dinoflagellés, qui a la particularité de vivre fixée sur les macroalgues. Cette caractéristique écologique favoriserait la disponibilité de *P. lima* comme nourriture pour les moules. Cet aspect a été développé plus longuement dans la première partie de l'étude.

Les résultats du dosage de l'ASP dans les échantillons ont montré que cette phycotoxine se retrouvait presqu'exclusivement dans les pétoncles provenant des Îles-de-la-Madeleine. Dans cette région, la contamination a atteint des niveaux très élevés dans les glandes digestives des pétoncles pêchés au large (Tableau 2.2). Ceux du milieu lagunaire ont aussi été contaminés mais à un moindre niveau (Tableau 2.3). Dans les lagunes, les concentrations sont demeurées sous la norme des 20 μg/g alors que cette norme a été largement dépassée dans les pétoncles du large avec des mesures atteignant 551 μg/g de glande digestive. Toutefois, les concentrations de phycotoxines retrouvées dans les glandes digestives ne sont pas nécessairement représentatives de celles mesurées dans la partie comestible (muscle) du pétoncle. En 1999, la présence de phycotoxines ASP coïncidait avec des floraisons de diatomées *Pseudo-nitzschia seriata* et *P. delicatissima* (M. Levasseur, données non publiées) deux espèces dont la capacité à produire de l'acide domoïque a été établie en laboratoire (Skov et al. 1999).

Tableau 2.1. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et myes prélevés sur les sites des Îles-de-la-Madeleine au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules	Île de la Grande-Entrée, nord	19-juin-99	ND	ND	-
Moules	Dune du nord/Grand Étang	22-juin-99	ND	ND	-
Moules	Lagune de Grande-Entrée, sud	22-juin-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	22-juin-99	ND	**0,08**	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	29-juin-99	ND	**0,40**	-
Moules	Dune du nord/Grand Étang	6-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	6-juil-99	ND	**0,10**	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	6-juil-99	ND	**0,10**	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	13-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	13-juil-99	ND	**TRACE**	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	17-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	20-juil-99	ND	**TRACE**	-
Moules	Île de la Grande-Entrée, nord	20-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	20-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	27-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	27-juil-99	ND	ND	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	1-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	10-août-99	ND	ND	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	10-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	10-août-99	ND	ND	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	15-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	17-août-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	17-août-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	23-août-99	ND	ND	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	23-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	23-août-99	ND	ND	-
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	29-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	30-août-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	30-août-99	ND	ND	-
Myes	Le Bassin, rivage de la lagune	5-sept-99	ND	ND	ND

Tableau 2.1., Suite.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	12-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	14-sept-99	ND	ND	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	14-sept-99	ND	**0,05**	-
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	20-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	21-sept-99	ND	ND	ND
Myes	Île de la Grande-Entrée, nord	26-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	27-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	29-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	4-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	5-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Grande-Entrée	5-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	11-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	18-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	18-oct-99	**0,05**	ND	ND
Mactres	Île Brion	22-oct-99	ND	**0,10**	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	25-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	26-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Centre de la lagune Havre-aux-Maisons	2-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Le Bassin, rivage de la lagune	2-nov-99	ND	ND	ND

Tableau 2.2. Analyses toxicologiques des échantillons de pétoncles prélevés sur les sites situés au large des Îles-de-la-Madeleine au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

(G) : gonade; (GD) : glande digestive; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque (tissu)	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Pétoncles (G)	Fonds du sud-ouest	08-juin-99	ND	ND	0,72
Pétoncles (G)	Fonds du sud-ouest	15-juin-99	ND	ND	1,3
Pétoncles (G)	Fonds du sud-ouest	22-juin-99	ND	ND	2,4
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	28-juil-99	ND	ND	142,6
Pétoncles (GD)	Est de Millerand	05-août-99	ND	ND	206
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	05-août-99	ND	ND	550
Pétoncles (GD)	Chaîne de la Passe	13-août-99	ND	ND	126
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	13-août-99	ND	ND	551
Pétoncles (GD)	Chaîne de la Passe	18-août-99	ND	ND	86,4
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	29-août-99	ND	ND	ND
Pétoncles (GD)	Chaîne de la Passe	01-sept-99	ND	ND	101
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	01-sept-99	ND	ND	513
Pétoncles (GD)	Chaîne de la Passe	13-sept-99	ND	ND	102
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	14-sept-99	ND	ND	457
Pétoncles (GD)	Fonds du sud-ouest	20-sept-99	ND	ND	511
Pétoncles (GD)	Chaîne de la Passe	22-sept-99	ND	ND	-

Tableau 2.3. Analyses toxicologiques des échantillons de pétoncles prélevés sur le site d'élevage de l'APPIM situé dans la lagune de Havre-aux-Maisons au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

(G) : gonade; (GD) : glande digestive; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque (tissu)	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Pétoncles (G)	Havre-aux-Maisons APPIM	13-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	29-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	29-juil-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	02-août-99	ND	ND	9,02
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	13-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	13-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	17-août-99	ND	ND	-

Tableau 2.3., Suite.

(G) : gonade; (GD) : glande digestive; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque (tissu)	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	20-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	20-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (G)	Havre-aux-Maisons APPIM	23-août-99	ND	ND	ND
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	23-août-99	ND	ND	4,36
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	24-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	26-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	27-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	30-août-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	03-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	03-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	06-sept-99	ND	ND	11,3
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	10-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	10-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	14-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	16-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	16-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	20-sept-99	ND	ND	6,68
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	23-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	23-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	28-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	30-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	30-sept-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	05-oct-99	ND	ND	ND
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	08-oct-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	08-oct-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	12-oct-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	12-oct-99	ND	ND	-
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	12-oct-99	ND	ND	5,00
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	20-oct-99	ND	ND	7,28
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	25-oct-99	ND	ND	0,84
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	02-nov-99	ND	ND	1,79
Pétoncles (GD)	Havre-aux-Maisons APPIM	15-nov-99	ND	0,08	6,24

Tableau 2.4. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et pétoncles prélevés sur les sites de la Côte-Nord au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Moules C. : Moules de culture ; ND : Non détecté ; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules	Baie des Homards	31-juil-99	ND	**0,02**	ND
Moules	Île Brûlette est	31-juil-99	ND	ND	ND
Pétoncles	Anticosti	05-août-99	ND	ND	-
Moules	Baie des Homards	07-août-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	07-août-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	08-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	14-août-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	14-août-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	15-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	18-août-99	ND	ND	ND
Moules	Tadoussac	18-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	21-août-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	21-août-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	22-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	28-août-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	28-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Parc des Belles Amours	28-août-99	ND	**0,06**	ND
Moules	Anse à Nadeau	30-août-99	ND	**TRACE**	ND
Moules	Baie des Homards	04-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	04-sept-99	ND	ND	TRACE
Moules	Anse à Nadeau	05-sept-99	ND	ND	ND
Pétoncles	Anticosti	07-sept-99	ND	**TRACE**	-
Moules	Baie des Homards	11-sept-99	ND	ND	-
Moules	Île Brûlette est	11-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	11-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Tadoussac	11-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	12-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	18-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	19-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	19-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	25-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	25-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	25-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Tadoussac	25-sept-99	ND	ND	ND
Pétoncles	Anticosti	29-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie des Homards	02-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	02-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	02-oct-99	ND	ND	-

Tableau 2.4., Suite.

ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules	Tadoussac	02-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	03-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	09-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	09-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Tadoussac	12-oct-99	**0,07**	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	15-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	16-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	23-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	23-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Îles Penchées	23-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Tadoussac	23-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Île Brûlette est	30-oct-99	ND	ND	-
Moules	Îles Penchées	31-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Anse à Nadeau	31-oct-99	ND	ND	ND

Tableau 2.5. Analyses toxicologiques des échantillons de moules et myes prélevés sur les sites de la Gaspésie au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules C.	Baie de Gaspé	08-juil-99	ND	ND	-
Moules C.	Maria	20-juil-99	ND	**0,1**	ND
Moules C.	New Richmond	20-juil-99	ND	**0,1**	ND
Moules C.	Baie de Gaspé	22-juil-99	ND	ND	-
Moules	Baie de Port Daniel	26-juil-99	ND	ND	ND
Myes	Île aux Groseilles	26-juil-99	ND	ND	ND
Myes	Miguasha	26-juil-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	27-juil-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	27-juil-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	02-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	02-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Gaspé	05-août-99	ND	ND	-
Moules C.	Maria	09-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	09-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	12-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	17-août-99	ND	**0,08**	ND
Moules C.	New Richmond	17-août-99	ND	**0,05**	ND
Moules C.	Baie de Gaspé	19-août-99	ND	ND	-
Moules C.	Maria	30-août-99	ND	**0,08**	ND
Moules C.	New Richmond	30-août-99	ND	**0,16**	ND
Moules C.	Baie de Cascapédia	31-août-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Gaspé	02-sept-99	ND	ND	-
Moules C.	New Richmond	06-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	07-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie de Port-Daniel	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Jersey Cove	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	15-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Gaspé	16-sept-99	ND	ND	-
Moules	Jersey Cove	20-sept-99	ND	**TRACE**	ND
Moules C.	Maria	20-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	20-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Jersey Cove	27-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	27-sept-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	27-sept-99	ND	ND	ND

Tableau 2.5., Suite.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules C.	Baie de Gaspé	30-sept-99	ND	ND	-
Moules C.	Maria	04-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	04-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Cascapédia	06-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	06-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Jersey Cove	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	15-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	18-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	18-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	New Richmond	18-oct-99	ND	**0,10**	ND
Moules	Baie de Port-Daniel	19-oct-99	ND	**0,05**	ND
Moules	Baie de Port-Daniel	25-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Jersey Cove	25-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	26-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	27-oct-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	30-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Baie de Port-Daniel	01-nov-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	02-nov-99	ND	ND	ND
Moules C.	Baie de Tracadigache	03-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Jesrey Cove	09-nov-99	ND	ND	ND
Moules C.	Maria	09-nov-99	ND	ND	ND

Tableau 2.6. Analyses toxicologiques des échantillons de moules prélevés sur les sites du Bas-Saint-Laurent au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

ND : Non détecté

Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Moules	Baie du Ha! Ha!	02-août-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	02-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	09-août-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	09-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	16-août-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	16-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	30-août-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-Mer	30-août-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	07-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-Mer	07-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	13-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	20-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	20-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	27-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	27-sept-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	04-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	04-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	12-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	18-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	18-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	25-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	25-oct-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	01-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	01-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	08-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	08-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Baie du Ha! Ha!	15-nov-99	ND	ND	ND
Moules	Saint-Fabien-sur-mer	15-nov-99	ND	ND	ND

Tableau 2.7. Ensemble des analyses toxicologiques dépassant le seuil de détection au cours de la période d'échantillonnage de 1999.

Moules C. : Moules de culture; ND : Non détecté; - : absence d'analyse

Région du Québec	Mollusque	Site	Date de cueillette	Acide okadaïque (µg/g)	DTX-1 (µg/g)	Acide domoïque (µg/g)
Côte-nord	Moules	Baie des Homards	31-juil-99	ND	**0,02**	ND
	Moules C.	Parc Belles Amours	28-août-99	ND	**0,06**	ND
	Moules	Anse à Nadeau	30-août-99	ND	**TRACE**	ND
	Pétoncles	Anticosti	07-sept-99	ND	**TRACE**	-
	Moules	Tadoussac	12-oct-99	**0,07**	ND	ND
Gaspésie	Moules C.	Maria	20-juil-99	ND	**0,1**	ND
	Moules C.	New Richmond	20-juil-99	ND	**0,1**	ND
	Moules C.	Maria	17-août-99	ND	**0,08**	ND
	Moules C.	New Richmond	17-août-99	ND	**0,05**	ND
	Moules C.	Maria	30-août-99	ND	**0,08**	ND
	Moules C.	New Richmond	30-août-99	ND	**0,16**	ND
	Moules	Jersey Cove	20-sept-99	ND	**TRACE**	ND
	Moules C.	New Richmond	18-oct-99	ND	**0,10**	ND
	Moules	Baie de Port-Daniel	19-oct-99	ND	**0,05**	ND
Îles-de-la-	Moules C.	Centre lagune de H-A-M	22-juin-99	ND	**0,08**	-
Madeleine	Moules C.	Centre lagune de H-A-M	29-juin-99	ND	**0,40**	-
	Moules C.	Centre lagune de H-A-M	6-juil-99	ND	**0,10**	-
	Moules C.	Centre lagune de G-E	6-juil-99	ND	**0,10**	-
	Moules C.	Centre lagune de G-E	13-juil-99	ND	**TRACE**	-
	Moules C.	Centre lagune de H-A-M	20-juil-99	ND	**TRACE**	-
	Moules C.	Centre lagune de G-E	14-sept-99	ND	**0,05**	-
	Moules	Le Bassin, rive de lagune	18-oct-99	**0,05**	ND	ND
	Mactres	Île Brion	22-oct-99	ND	**0,10**	ND
	Pétoncles	H-A-M APPIM	15-nov-99	ND	**0,08**	6,24

CONCLUSIONS

1. Le dinoflagellé *Prorocentrum lima* était présent et abondant sur les épibiontes entourant les boudins de moules de culture des Îles-de-la-Madeleine. Cette espèce se retrouvait fréquemment dans les glandes digestives des moules bien qu'aucune relation n'a pu être établie entre cette présence et celle des phycotoxines DSP dans les moules.

2. Une autre espèce potentiellement toxique a été identifiée aux Îles-de-la-Madeleine : *Prorocentrum mexicanum*. Cette espèce peut se retrouver en grande concentration dans la colonne d'eau et dans les glandes digestives des moules. *P. mexicanum* est connu ailleurs dans le monde pour sa production de phycotoxines FAT. Il est donc important de déterminer la capacité des souches de *P. mexicanum* du St-Laurent à produire ces phycotoxines.

3. Le dosage des phycotoxines DSP réalisé sur l'ensemble des échantillons de mollusques a révélé une faible contamination répartie dans trois des quatre grandes régions étudiées du territoire québécois.

4. Parmi les mollusques testés, la moule présentait la plus forte incidence de contamination par le DSP, spécialement les moules de culture qui ont montré une contamination près de quatre fois plus fréquente que les moules sauvages.

5. L'ASP a fréquemment été détecté dans les glandes digestives des pétoncles des Îles-de-la-Madeleine : des taux sans précédent, supérieurs à 500 μg/g ont été mesurés dans des échantillons provenant de cette région. Il est donc important de procéder à l'analyse des données existantes sur la répartition de cette phycotoxine et de ses sources ainsi que des conditions environnementales qui pourraient expliquer l'apparition soudaine de cette phycotoxine dans les mollusques.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier sincèrement l'organisme : «Domaine d'intervention Santé humaine du Plan St-Laurent Vision 2000 » pour sa contribution financière à cette étude ainsi que les personnes suivantes qui ont contribué à sa réalisation :

- Le personnel de la station maricole du MAPAQ aux Îles-de-la-Madeleine pour leur accueil chaleureux et tout le support logistique fourni au cours de cette étude.

- Les producteurs de moules des Îles-de-la-Madeleine (Michel Fournier, Alain Huet, Mario Cyr et Donald Poirier) ainsi que le responsable de l'élevage de pétoncles de l'APPIM (Sylvain Vigneau) pour nous avoir donné accès à leurs sites d'aquaculture ainsi que pour leur excellente collaboration lors des échantillonnages.

- Michel Desbiens et Geneviève Imbeault du Centre de recherche du MAPAQ à Gaspé (Québec) pour le prélèvement et la préparation d'échantillons en provenance de la baie de Gaspé.

- Claude Desjardins et Garth Burns de l'ACIA, respectivement à Longueuil (Québec) et Dartmouth (Nouvelle-Écosse), pour les analyses de toxines DSP.

- Jean Boucher et Colette Boudreau du laboratoire de bioessais de Québec pour la préparation de nombreux échantillons.

- Esther Bonneau, Lyse Bérard-Therriault, Sylvie Lessard et Réal Gagnon de l'Institut Maurice Lamontagne, pour leur assistance dans la préparation du matériel de terrain et l'identification du phytoplancton.

- Suzanne Roy de l'Institut des Sciences de la Mer de Rimouski ainsi que Richard Larocque de l'Institut Maurice-Lamontagne pour la révision scientifique de ce rapport.

RÉFÉRENCES

Bérard-Therriault, L., M. Poulin et L. Bossé. 1999. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 128, 387pp.

Bomber, J.W., D.R. Norris et L.E. Mitchell. 1985. Benthic dinoflagellates associated with ciguatera from the Florida Keys. II. Temporal, spatial and substrate heterogeneity of *Prorocentrum lima*. *In* : Toxic Dinoflagellates. *Éditeurs* : D.M. Anderson, A.W. White et D.G. Badens. Elsevier, New York. pp. 45-50.

Bomber, J. W., et Aikman, K. E. 1991. The ciguatera dinoflagellates. Biol. Oceanogr. 6 : 351-371.

Carlson, R.D., D. Morey-Gaines, D.R. Tindall et R.W. Dickey. 1984. Ecology of toxic dinoflagellates from Caribbean Sea : effects of macroalgal extracts on growth in culture. *In* : Seafood toxins. *Éditeur* : E.P. Ragelis. A.C.S., Washington D.C. pp. 271-287.

Cembella, A.D., E. Berdalet, M.W. Gilgan, J.S.S. Lakshminarayana, C. Léger, M. Levasseur, A. Orr, R. Selvin, K. Sohet, D.V. Subba Rao et E. Todd. 1992. Diarrhetic shellfish poisoning in Canada. *In* : Proceedings of the Third Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. *Éditeurs* : J.C. Therriault et M. Levasseur. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893, pp. 57-65.

Duchesne, J.F., T. Tremblay, M. Rhainds et É. Dewailly. 1999. Présence des toxines marines dans les estuaires et le golfe du St-Laurent et implications pour la santé humaine. Unité de recherche en santé publique du Centre Hospitalier Universitaire de Québec. 41 p.

Faust, M.A., J. Larsen et O. Moestrup. 1999. Potentially Toxic Phytoplankton, Genus *Prorocentrum* (Dinophyceae). ICES Identification Leaflets for Plankton no. 184. *Éditeur* : J.A. Lindley. Palaegade 2-4, DK-1261 Copenhagen, Denmark. pp. 1-24.

Jackson A.E., J.C. Marr et J.L. McLachlan. 1993. The production of diarrhetic shellfish toxins by an isolate of *Prorocentrum lima* from Nova Scotia, Canada. *In* : Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. *Éditeurs* : T.J. Smayda et Y. Shimizu. Elsevier, Amsterdam. pp. 513-518.

Lawrence, J.E. 1998. Population Dynamics and Toxicity of the Epiphytic Dinoflagellate *Prorocentrum lima* in a Shallow Coastal Embayment : Implications for Shellfish Aquaculture. Thèse de doctorat, Department of Oceanography, Dalhousie University, Halifax, N.S.

Lawrence, J.E., J. Grant, M.A. Quilliam, A.G. Bauder et A.D. Cembella. 2000. Colonization and growth of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* and associated fouling macroalgae on mussels in suspended culture. Mar. Ecol. Prog. Ser. 201 : 147-154.

Lee, J.-S., T. Igarashi, S. Fraga, E. Dahl, P. Hovgaard et T. Yasumoto. 1989. Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species. J. Appl. Phycol. 1: 147-152.

Marr, J.C., A.E. Jackson et J.L. McLachlan. 1992. Occurrence of *Prorocentrum lima*, a DSP toxin-producing species from the Atlantic coast of Canada. J. Appl. Phycol. 4 : 17-24.

Morton, S.L., D.R. Norris et J.W. Bomber. 1992. Effect of temperature, salinity and light intensity on the growth and seasonality of toxic dinoflagellates associated with ciguatera. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 157 : 79-90.

Morton, S.L., et M.A. Faust. 1997. Survey of toxic epiphytic dinoflagellates from the Belizean barrier reef ecosystem. Bull. Mar. Sci. 61(3) : 899-906.

Morton S.L., T.A. Leighfield, B.L. Haynes, D.L. Petipain, M.A. Busman, P.D.R. Moeller, L. Bean, J. McGowan, J.W. Hurst, Jr. et F.M. Van Dolah. 1999. Evidence of diarrhetic shellfish poisoning along the coast of Maine. J. Shellfish Res. 18 (2) : 681-686.

Murakami, Y., Y. Oshima et T. Yasumoto. 1982. Identification of okadaic acid as a toxic component of a marine dinoflagellate *Prorocentrum lima*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48: 69-72.

Nakajima, I., Y. Oshima et T. Yasumoto. 1981. Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47: 1029-1033.

Pillet, S., A. Pereira, J-C. Braekman et G. Houvenaghel. 1995. Patterns in long term accumulation of okadaïc acid and DTX1 in blue mussels, Mytilus edulis, experimentally fed with the DSP-containing alga *Prorocentrum lima*. *In* : Harmful Marine Algal Blooms. *Éditeurs* : P. Lassus, G. Arzul, E. Erard, P. Gentien et C. Marcaillou. Lavoisier, Paris. pp. 487-492.

Quilliam, M.A., M.W. Gilgan, S. Pleasance, A.S.W. Defreitas, D. Douglas, L. Fritz, T. Hu, J.C. Marr, C. Smyth et J.L.C. Wright. 1993. Confirmation of an incident of diarrhetic shellfish poisoning in Eastern Canada. *In* : Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. *Éditeurs* : T.J. Smayda et Y. Shimizu. Elsevier, Amsterdam. pp. 547-552.

Quilliam, M.A., et J.L.C. Wright. 1995. Methods for Diarrhetic Shellfish Poisons. *In* : Manual on Harmful Marine Microalgae. *Éditeurs* : G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson et A.D. Cembella. IOC Manuals and Guides no. 33. Unesco. pp. 95-111.

Skov, J., N. Lundholm, O. Moestrup et J. Larsen. 1999. Potentially Toxic Phytoplankton, 4. The diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Diatomophyceae/Bacillariophyceae). ICES Identification Leaflets for Plankton no. 185. *Éditeur* : J.A. Lindley. Palaegade 2-4, DK-1261 Copenhagen, Denmark. pp. 1-23.

Taylor, F.J.R., Y. Fukuyo et J. Larsen. 1995. Taxonomy of Harmful Dinoflagellates. *In* : Manual on Harmful Marine Microalgae. *Éditeurs* : G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson et A.D. Cembella. IOC Manuals and Guides no. 33. Unesco. pp. 283-317.

Tindall, D.R., D.M. Miller et J.W. Bomber. 1989. Culture and toxicity of dinoflagellates from ciguatera endemic regions of the world. Toxicon 27: 83 (abstract).

Tindall, D.R., et S.L. Morton. 1998. Community Dynamics and Physiology of Epiphytic/Benthic Dinoflagellates Associated with Ciguatera. *In* : Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms. *Éditeurs* : D.M. Anderson, A.D. Cembella et G.M. Hallegraeff. Springer-Verlag Berlin. pp. 293-313.

van de Riet, J.M., B.G. Burns et M.W. Gilgan. 1995. A routine HPLC-fluorescence method for the determination of the diarrhetic shellfish toxins okadaic acid and DTX-1 in shellfish. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1985: vii + 26 p.

Yasumoto, T., A. Inoue, R. Bagnis et M. Garcon. 1979a. Ecological survey on a dinoflagellate possibly responsible for the induction of ciguatera. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45 : 395-399.

Yasumoto, T., Y. Oshima et M. Yamaguchi. 1979b. Occurrence of new type of toxic shellfish in Japan and chemical properties of the toxin. *In* : Toxic Dinoflagellate Blooms. *Éditeurs* : D.L. Taylor et H.H. Seliger. Elsevier, Amsterdam. pp. 395-398.

Yasumoto, T. 1985. Recent progress in the chemistry of dinoflagellate toxins. *In* : Toxic Dinoflagellates. *Éditeurs* : D.M. Anderson, A.W. White et D.G. Baden. Elsevier, New York. pp. 259-270.